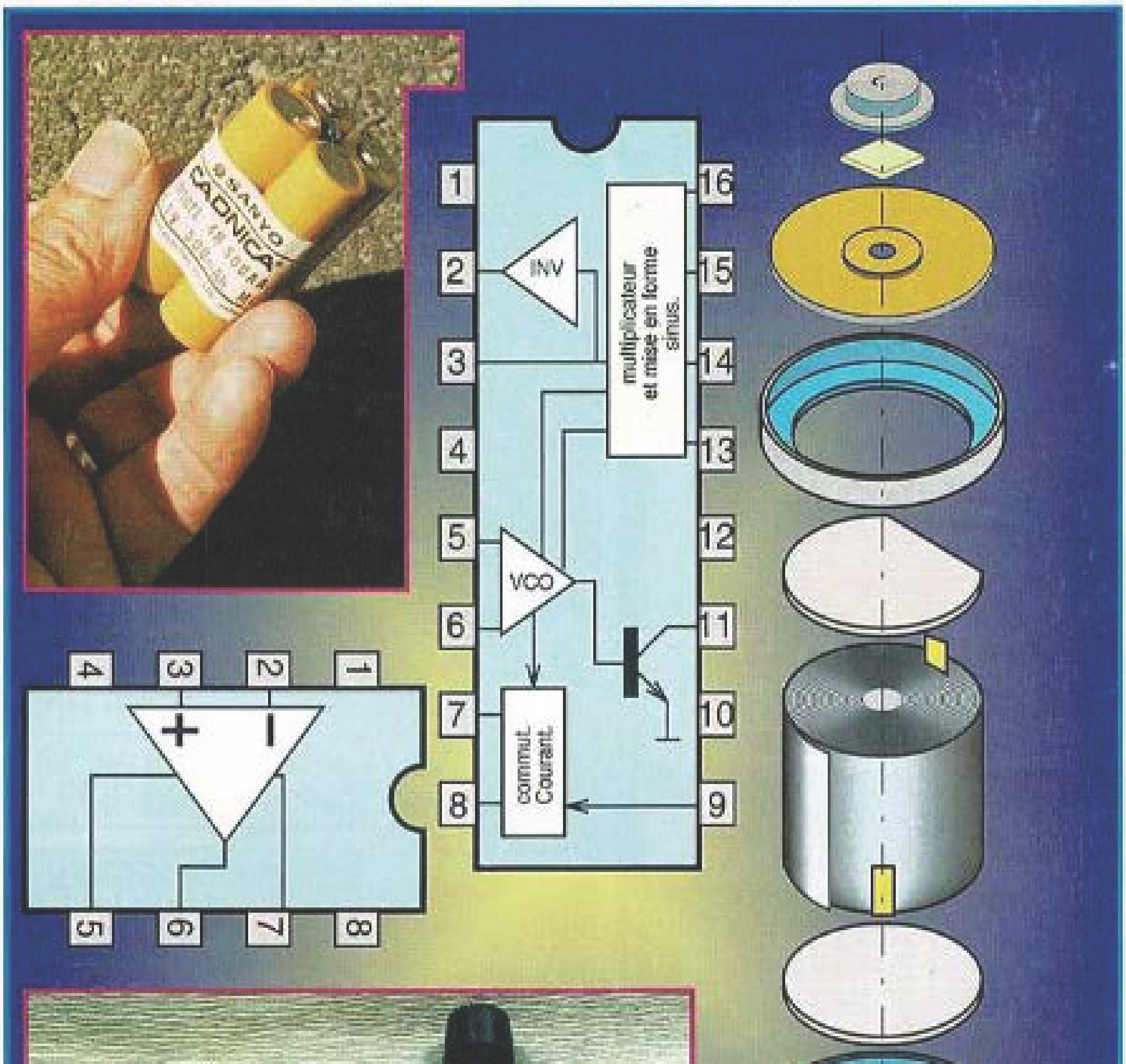
N°27

ABC ELECTRONIQUE

APPRENDRE L'ELECTRONIQUE PAR LA PRATIQUE



TECHNOLOGIE — Les circuits intégrés

MONTAGE — Un générateur de fonction BF

THEORIE — Le Trigger de Schmitt

TECHNOLOGIE — Les batteries Nickel-Cadnium

27

M 1286 - 31 - 19,00 F

ABC de l'électronique

La Haie de Pan - BP 7488
F35174 BRUZ CEDEX
99.52.98.11
Fax 99.52.78.57

ABC de la CB
ABC de l'électronique
ABC de l'informatique
MEGAHERTZ magazine
CPC Infos

DIRECTEUR de publication
Rédacteur en chef
Sylvio FAUREZ

SECRETAIRE de rédaction
André DURAND

DIRECTEUR de fabrication
Edmond COUDERT

DESSINS - MAQUETTE
Jacques LEGOUPI

SERVEUR
36.15 MHZ

GESTION RESEAU NMPP
Edmond COUDERT
99.52.75.00
Terminal E83

ABONNEMENTS
Catherine FAUREZ
180 F pour 12 Numéros
Soit 15 F l'unité au lieu de 19 F.
Paiement par carte bancaire accepté.
Etranger nous consulter.

PUBLICITE au journal
Gérard PELLAN

SORACOM

Fondée en 1980 - Capital social 250.000 F
Principaux associés : F. et S. FAUREZ
RCS B 319 816 302
Dépot légal à parution.
Commission paritaire en cours
SOCIETE MAYENNAISE D'IMPRESSION
53100 MAYENNE

Les informations et conseils donnés dans le cadre de cette publication ne peuvent engager la responsabilité de l'éditeur.

Reproduction interdite sans accord de l'éditeur.
Les photos ne sont rendues que sur stipulation expresse.

Votre classeur spécialement conçu pour ranger votre revue préférée
45 F
+ port 25 F pour un ou port 30 F pour deux

OFFREZ OU FAITES-VOUS OFFRIR

- **VOS FICHES A PORTEE DE MAIN**
- **RANGEMENT PAR THEME DANS VOTRE CLASSEUR**

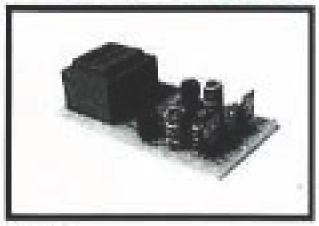
Commandez-le vite, aux Editions SORACOM, BP 7488, La Haie de Pan, 35174 BRUZ.

Les numéros de 1 jusqu'à 15 inclus de l'ABC de l'électronique sont épuisés. nous disposons de photocopies de ces numéros.
Du n 1 à 10 20 F l'unité
Du n 11 à 15 21 F l'unité

ELECTRONIQUE DIFFUSION

15 rue de Rome 59100 Roubaix — Tél : 20 70 23 42

FACILES AMUSANTS ECONOMIQUES
LES KITS ELECTRONIQUE DIFFUSION



UNE ALIMENTATION TRIPLE
réf : KE 182
89 F TTC

UN PETIT AMPLI BF
réf : KE 159
39 F TTC

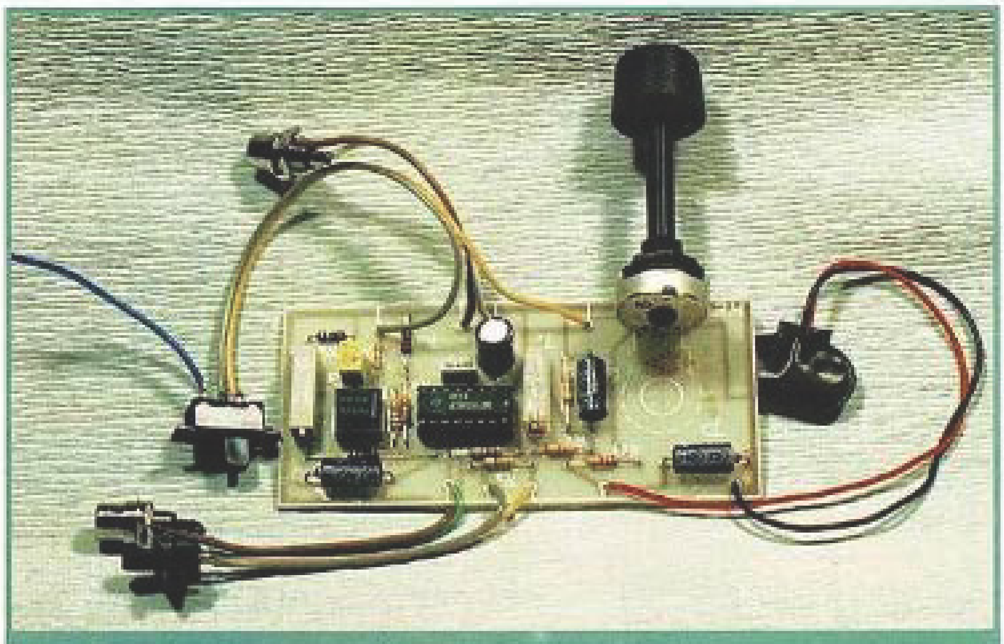
UN MICROPHONE HF/FM
réf : KE 158
35 F TTC

Les frais de port sont en sus 28 F TTC par kit

Passez votre commande chez
GENERATION VPC
225 RUE DE LA MACKELLERIE
59 100 ROUBAIX

UN GENERATEUR DE FONCTIONS BF

Voici pour votre laboratoire, un générateur complet de signaux en audiofréquence.



Vue d'ensemble

Ce générateur est dit "de fonctions" par ce qu'il est capable de fournir trois formes de signaux : Sinusoïde, triangle et carré. Malgré cela, son schéma est simple parce qu'il fait appel à un circuit intégré spécia-

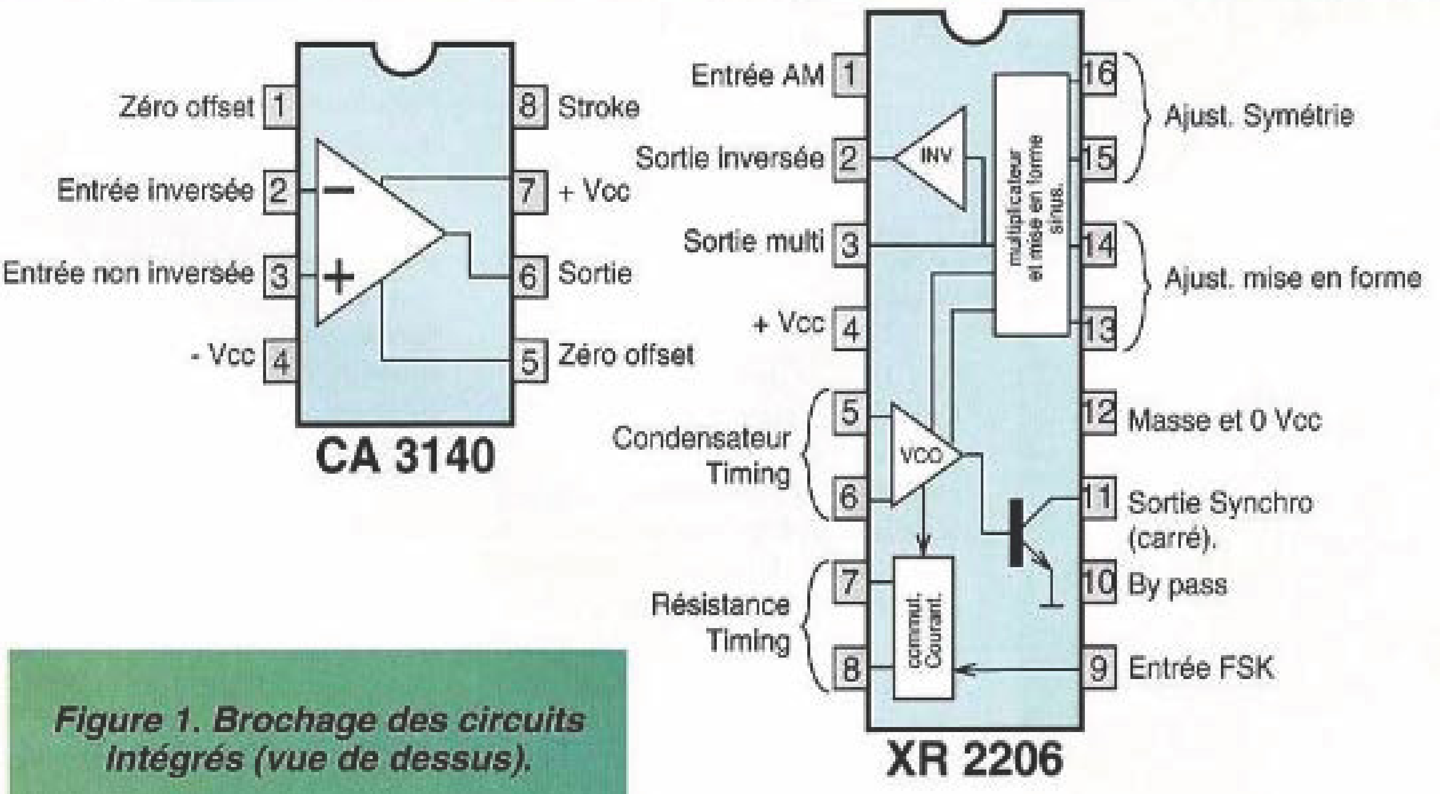


Figure 1. Brochage des circuits intégrés (vue de dessus).

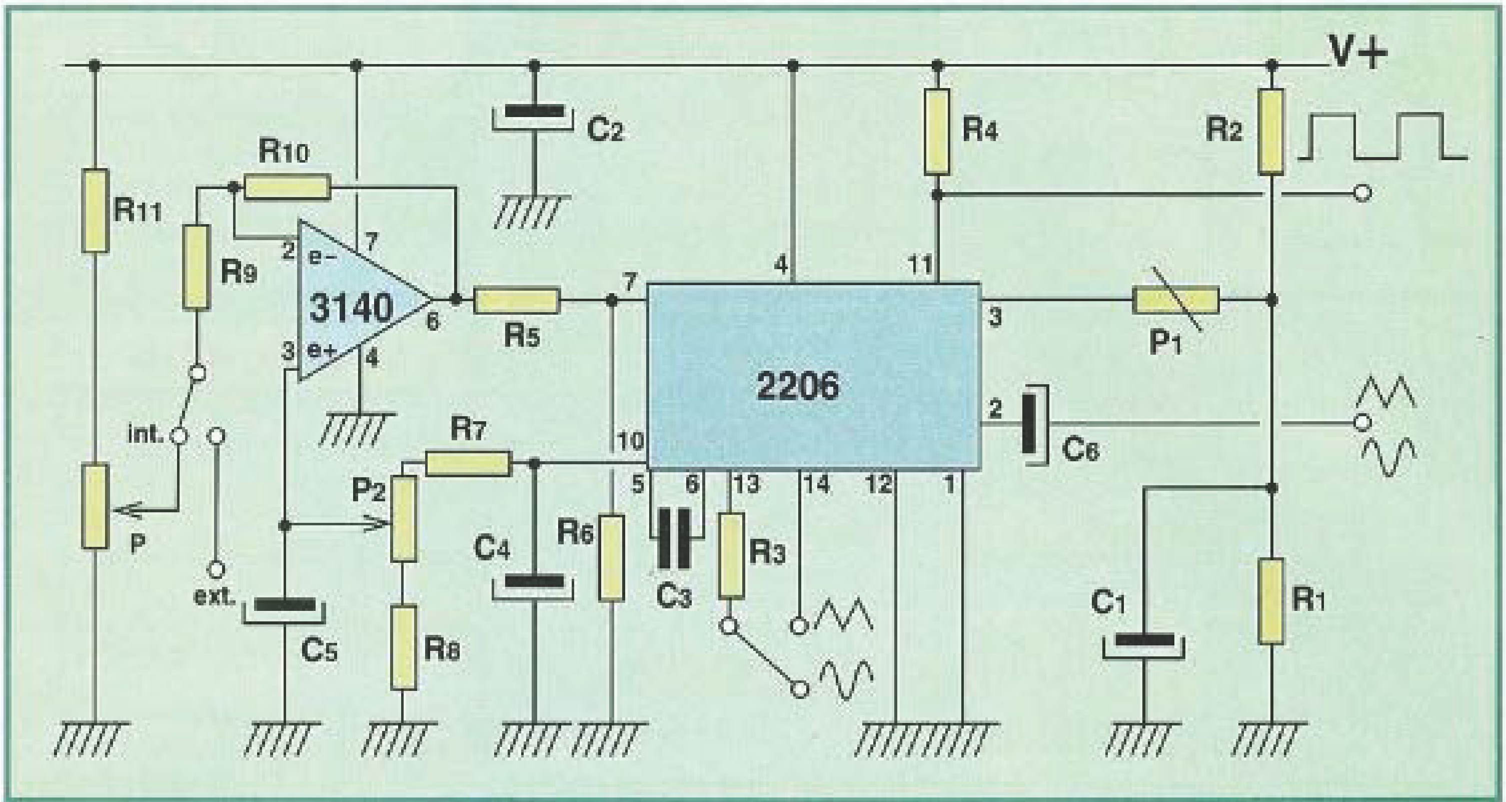


Figure 2. Le schéma du générateur.

lisé et complexe, développé par la firme américaine Exar : le type XR 2206 qui est devenu un classique du genre. Nous pouvons dire qu'il a beaucoup de points communs avec le 555, mais qu'il est spécialement conçu pour être utilisé en générateur audio, son brochage est donné sur la figure 1.

Le potentiomètre peut si vous soudez les pattes assez longues se replier sur le circuit.

DESCRIPTION DU MONTAGE :

Le schéma vous est donné sur la figure 2.

Ici, la fréquence du signal dépend du courant sur la broche 7 du XR 2206 et de la valeur du condensateur C3. La tension en 7 est fixée intérieurement à 3 V. La tension de sortie du CA 3140 doit donc varier entre un minimal très proche de 0 V pour obtenir un courant maximal dans R5 (la fréquence maximale) et + 3 V pour obtenir un courant nul (fréquence minimale).

L'entrée inversée (-) du comparateur CA 3140 reçoit une tension du pont diviseur R11 & P, réglable par P. Le gain du CA 3140 est de - 1 et P doit délivrer de 0 à + 3 V. En fait on ne peut descendre à une fréquence nulle. On crée donc un seuil minimum par la tension d'offset apportée par P2. L'inverseur "int. - ext" permet d'avoir recours à une tension extérieure qui peut être variable entre 0 et + 3 V max, le plus souvent en forme de "dent de scie" et qui permet le parcours rapide et périodique de toute ou partie de la bande de fréquences et de pouvoir ainsi visionner la bande passante d'un circuit (ampli ou filtre) sur un oscilloscope. Cet inverseur et la borne "ext" (dite aussi de "vobulation") ne sont donc pas indispensables, mais ils vous seront utiles plus tard.
La commutation de R3 vous permet de passer du mode triangulaire (switch fermé) au mode

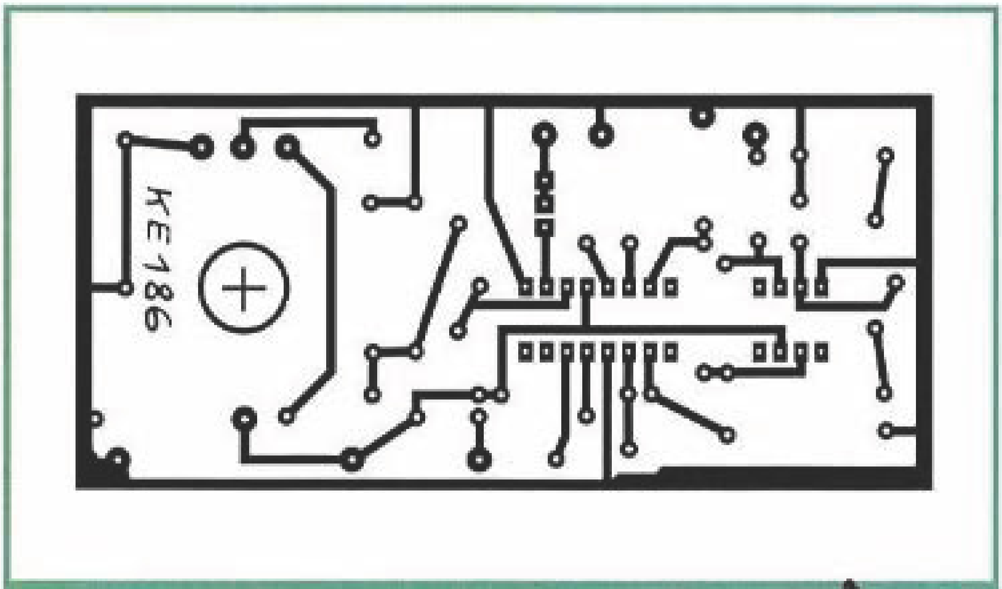


Figure 3. Le "mylar" du circuit imprimé à l'échelle 1.

sinusoïdal (switch ouvert); cette dernière forme est obtenue par déformation du triangle. Le signal carré est permanent car il vient du comparateur de basculement interne du XR2206.

LE CIRCUIT IMPRIMÉ :

Il est réalisé sur une plaquette simple face en verre époxy de 100 x 45 mm. Le "mylar" de sa face cuivre et l'implantation des composants sont donnés sur les figures 3 et 4.

RÉALISATION ET MONTAGE :

Si vous montez le potentiomètre P1 directement sur la carte, comme sur les photos, vous devrez percer les trous de ses trois pattes à 1 mm. Commencez par monter dans l'ordre : les résistances, les supports de circuits intégrés (en respectant l'orientation de leur encoche), les potentiomètres ajustables, les condensateurs C3, C5, les autres condensateurs en terminant par C6 (attention à leurs polarités) et par le potentiomètre P. Montez les deux circuits intégrés sur leur support,

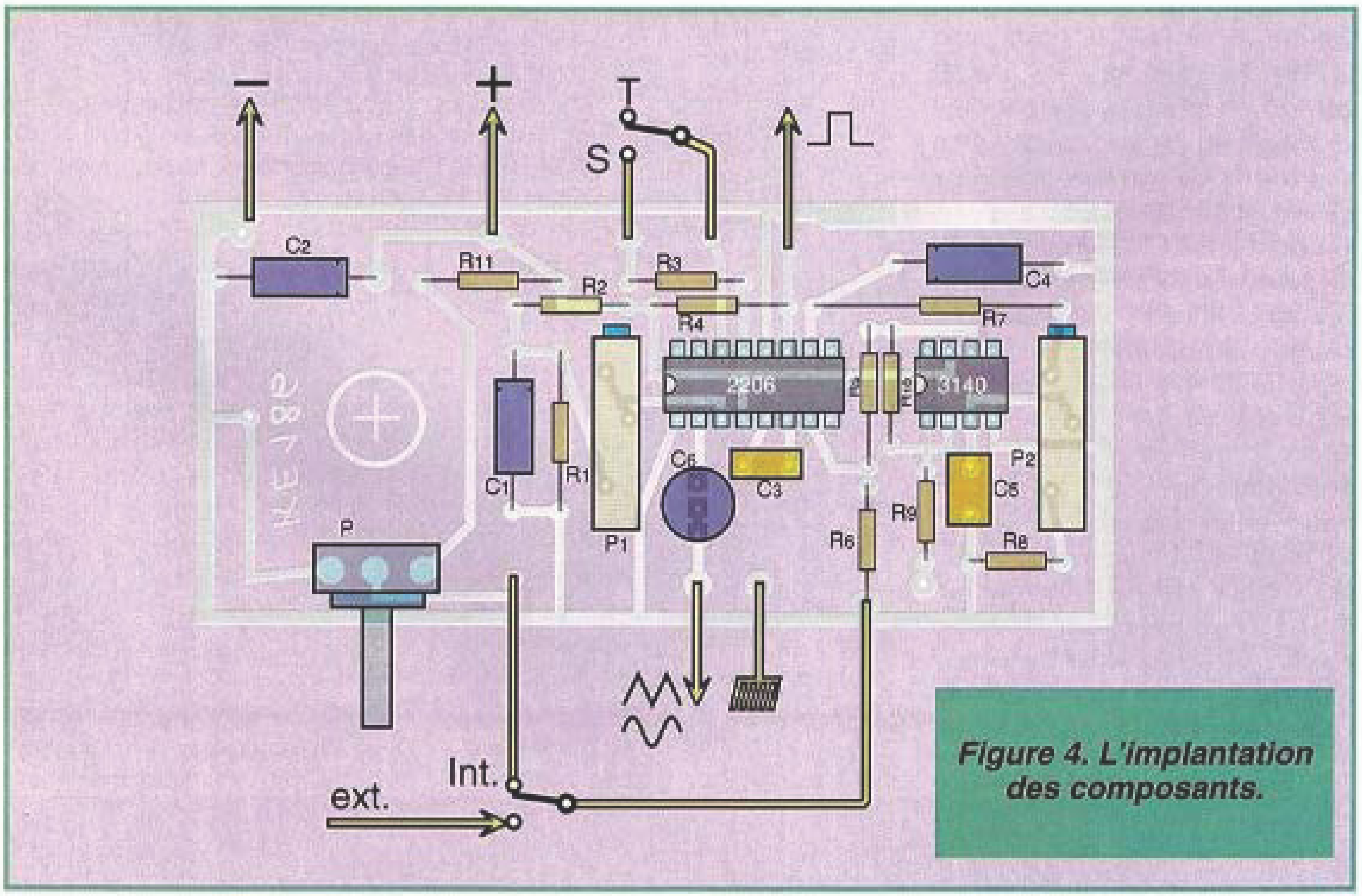


Figure 4. L'implantation des composants.

ils ne nécessitent pas de précautions antistatiques. Les inverseurs, l'interrupteur et le potentiomètre seront fixés sur la face avant du boîtier et raccordés à la carte par des fils de couleur. Dans notre réalisation, c'est le potentiomètre P qui maintient la carte perpendiculaire à la face avant mais vous pouvez choisir une autre disposition. Nous vous recommandons d'alimenter le générateur en 12 V par une alimentation régulée, mais pour des essais intermittents de faible durée vous pouvez vous servir d'une pile de 9 V.

Avec C3 et + V = + 12 V, les résultats obtenus sur la maquette sont les suivants : Fréquence minimale 1000 Hz (réglée par P2). Fréquence maximale 25000 Hz. Sinusoïde : 2,5 V crête à crête (réglage par P1). Triangle 0 - 6 V et carré : 0 - 12 V.

Si les fréquences ne vous conviennent pas, vous pouvez changer la valeur de C3 : en doublant sa valeur, les fréquences limites sont moitié moindre (500-12500 Hz) et ainsi de suite. Par la suite, vous pouvez ainsi ajouter à C3, par un switch supplémentaire, une capacité de 470 nF pour obtenir les deux bandes suivantes :
1000 - 25000 Hz et
60 - 1500 Hz.
Pour les premiers essais avec C3 = 33 nF, si vous ne disposez pas encore d'un oscilloscope ou d'un fréquencemètre, vous n'aurez qu'à raccorder un écouteur sur la sortie sinusoïdale de votre générateur, régler P sur la note la plus basse puis agir sur P2 tout en écoutant le son (note continue) d'une mire transmise par un canal TV. Cette note a une fréquence de 1000 Hz et vous pouvez régler P2 jusqu'à entendre un phénomène de battement entre les deux signaux. Vous devez obtenir le "battement nul". Nos lecteurs musiciens connaissent cette méthode d'accord.

LA LISTE DES COMPOSANTS :

........Résistances à couche 1/4 W à 5 ou 10 % :..............................

R1	4,7 kΩ
R2	4,7 kΩ
R3	220 Ω
R4	10 kΩ
R5	1 kΩ
R6	330 kΩ
R7	100 kΩ
R8	100 kΩ
R9	10 kΩ
R10	10 kΩ
R11	15 kΩ

........Potentiomètres ajustables à 10 tours, montage horizontal. ....

P1	22 kΩ
P2	47 kΩ

........Condensateurs : ....

C1	10 µF / 16 V électrolytique, axial
C2	1 µF / 16 V électrolytique , axial
C3	33 nF / 63 V polycarbonate, radial
C4	1 µF / 16 V électrolytique, axial
C5	220 nF / 63 V polycarbonate, radial
C6	100 µF / 10 V électrolytique, radial

........Circuits intégrés : ....

IC1	XR2206 en boîtier DIL 16
IC2	CA3140 en boîtier DIL 8

........Divers : ....

Un clips de pile
Un support DIL 16
Un support DIL 8
Un potentiomètre 4,7 kΩ linéaire
Deux inverseurs COT215

........Options :..............................

Un mylar
Un boîtier HAED400
Un bouton ED205
Deux embases RCA ou CINCH femelles
Un interrupteur

Pour tous renseignements, fourniture des composants et du kit complet, voir la publicité "Electronique Diffusion" dans ce numéro.

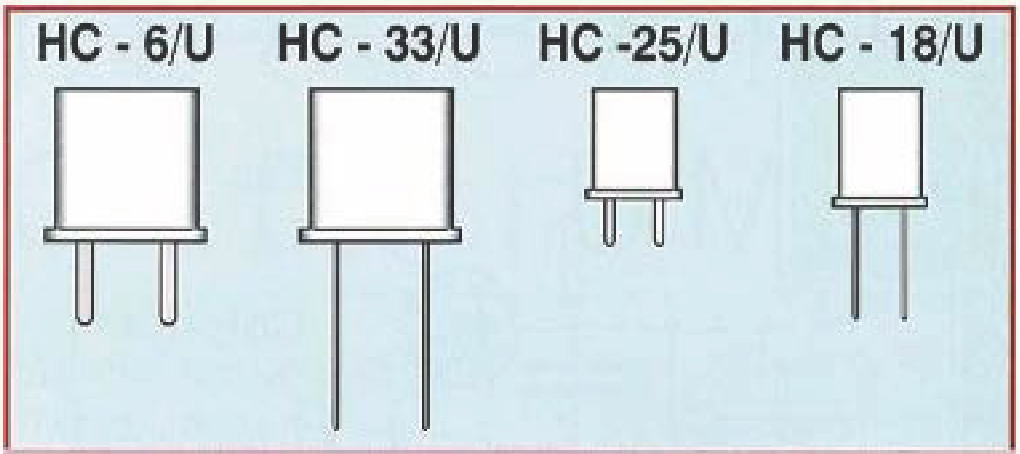


Figure 7. Quelques boîtiers normalisés. (Echelle 1).

LES OSCILLATEURS À QUARTZ

Dans notre numéro 5, nous avons déjà vu qu'un oscillateur était constitué d'un amplificateur dont l'entrée et la sortie sont couplées en phase à travers un filtre qui fixe la fréquence des oscillations. Il suffit donc de remplacer ce filtre par un quartz, voir la figure 5.

La figure 6 vous donne différents schémas d'oscillateur à quartz que vous rencontrerez souvent. Dans tous les cas, il s'agit donc d'inclure le quartz dans une boucle de réaction en phase. Par sa simplicité, le transistor FET se prête particulièrement bien à cet usage. Un condensateur ajustable en série avec la quartz permet d'ajuster légèrement la fréquence de résonance. Nous vous donnons aussi des schémas pour des fréquences relativement basses (100 kHz) et relativement hautes (overtone).

Les quartz inférieurs à 1 MHz exigent une boucle de réaction beaucoup plus énergique, aussi préfère-t-on les monter sur un montage déjà oscillant (sans eux) tel que le multivibrateur (ou la bascule astable) dont il synchronise la fréquence. Les composants actifs peuvent être soit des transistors, soit des portes logiques (NON, NAND ou NOR).

L'oscillateur overtone comporte toujours un circuit résonnant LC accordé sur la fréquence harmonique désirée et destiné à "forcer" le quartz à osciller dans ce mode.

LES DIVERS TYPES DE QUARTZ

Les types de boîtier sont très nombreux mais nous ne citerons ici que les boîtiers actuels les plus courants, voir la figure 7. Ils sont le plus souvent métalliques quoique nous en avons vus en verre ou en plastique. Ceux à broches se montent sur un support et ceux à fils se soudent directement comme un vulgaire composant.

La fréquence y est normalement marquée en clair, mais méfiez-vous de certains quartz de récupération dont la fréquence (ou le N° de canal) indiquée est celle de l'émission ou de réception de l'appareil pour lequel il était destiné, cette fréquence peut être différente de celle du quartz proprement dit.

Certains boîtiers ont l'allure d'un circuit intégré et contiennent l'oscillateur et son quartz. D'autres contiennent plusieurs quartz et autres composants pour former un filtre.

LES QUALITÉS ET LES DÉFAUTS DU QUARTZ

Nous les comparons ici aux autres circuits oscillants LC, lignes etc...

Les avantages :

- Un plus haut coefficient de surtension (plusieurs milliers).
- Une grande stabilité en fréquence ($\pm 10^{-6}$) qui ne peut être affectée que par sa température et son vieillissement à long terme. En le montant dans une enceinte thermostatée, la stabilité est améliorée d'un facteur 10 (soit 10^{-7}).

Les inconvénients :

- Sa fréquence de résonance est pratiquement immuable, elle peut être très légèrement modifiée ($\pm 10^{-4}$) en agissant sur les composants extérieurs seulement.
- Sa fragilité mécanique : lorsqu'il est soumis à des chocs et à des oscillations de fortes amplitudes. Un quartz ne peut fonctionner que sur de très faibles puissances (1 mW max).
- Un prix de revient élevé lorsqu'il est fabriqué à l'unité ou en faible quantité pour une fréquence donnée. Ce prix dépend aussi de sa précision, mais on trouve sur le marché de nombreuses fréquences normalisées (horloges, CB, Radioamateurs et...) à des prix abordables, la fréquence de ces derniers est donnée à 10 ppm (= 10^{-5} près).

L'effet piézo-électrique est aussi utilisé dans le domaine de l'audio et des ultra-sons, mais nous vous en parlerons une autre fois.

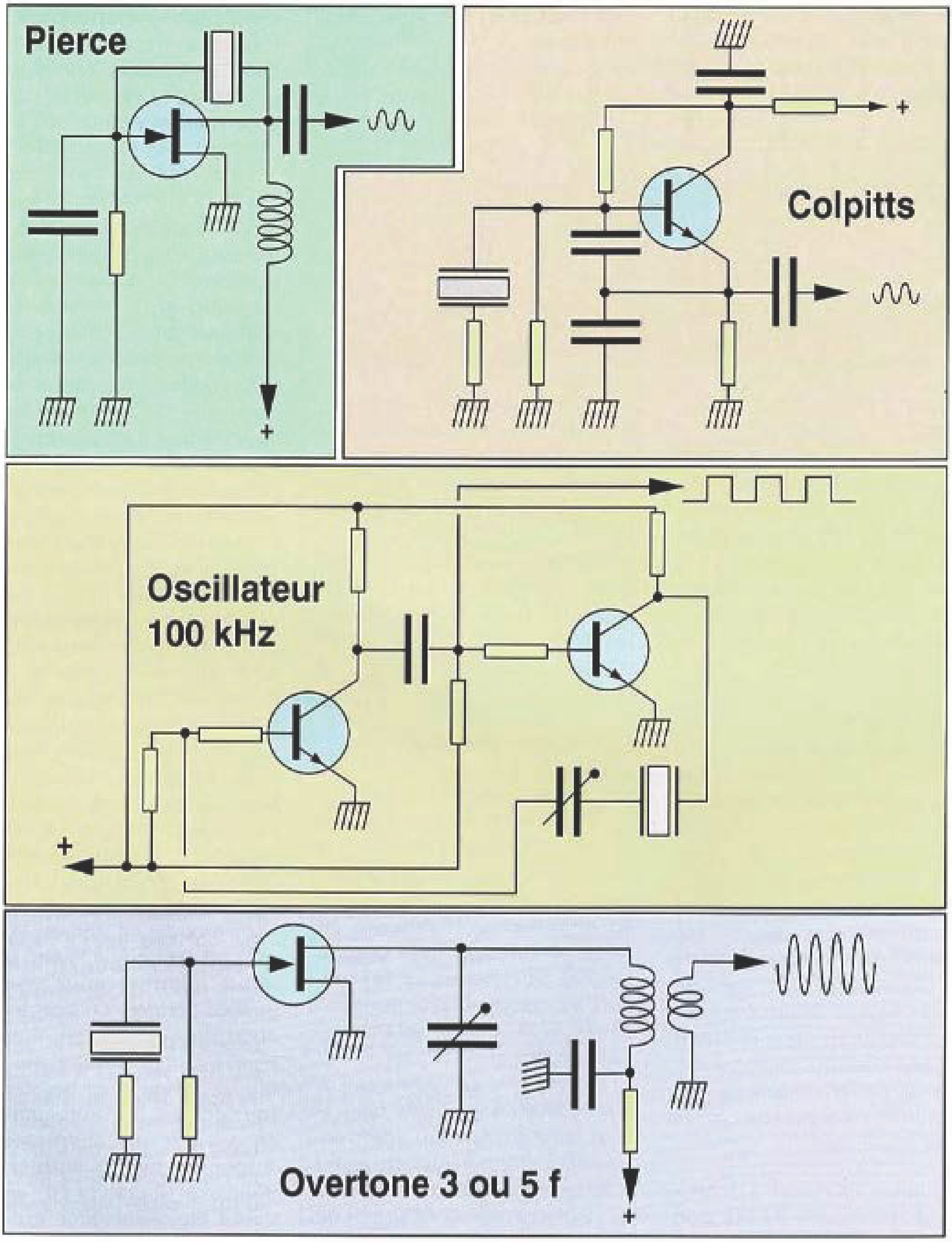


Figure 6. Oscillateurs à quartz

LES BATTERIES CADNIUM-NICKEL

Souvent surnommées "Nicad", nous les utilisons pratiquement tous les jours dans la plupart de nos appareils autonomes.

Nous vous avions déjà sommairement décrit les batteries Ni-Cd à propos des batteries rechargeables ou accumulateurs, dans notre N° 6 aujourd'hui épuisé. Nous reprenons aujourd'hui ce sujet par une étude technique plus approfondie.

Les batteries sont des dispositifs électrochimiques rechargeables et capables de fournir l'énergie indispensable au fonctionnement d'appareils électriques et électroniques. La quantité, la caractéristique et la durée de disponibilité de cette énergie sont définies par la quantité et la qualité des matériaux utilisés, par le rendement et par le type de construction des éléments qui constituent une batterie. La façon dont l'énergie est consommée et le mode de recharge sont aussi déterminants dans ses performances.

Les batteries cadmium-nickel doivent être fabriquées avec grand soin. S'il en était autrement, des fuites d'électrolyte corrosif pourraient survenir et endommager les appareils dans lesquels elles sont installées. On les appelle "batte-

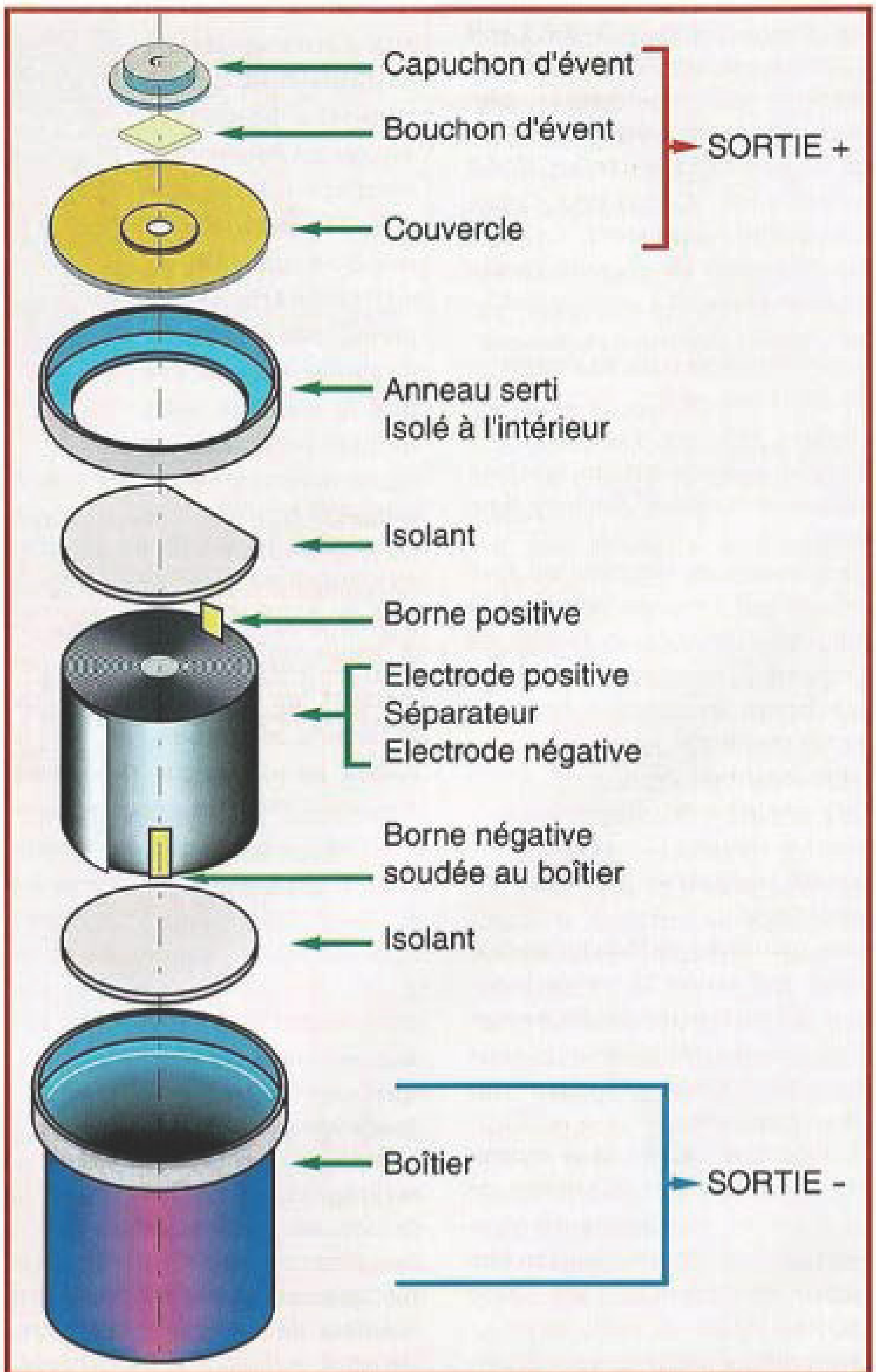


Figure 1. Constitution d'un élément Ni-Cd.

ries" parce qu'elles sont souvent composées de plusieurs éléments mais, par habitude, on les appelle ainsi même si elles n'en comportent qu'un seul. Ces éléments sont cylindriques. Chacun d'eux fonctionne individuellement et, selon sa taille, délivre un courant de 50 à 2000 milliampères pour une tension comprise entre 1,2 et 1,3 volt (1,25 V nominal). Pour obtenir des tensions plus importantes, plusieurs éléments sont groupés en série. Certaines batteries Ni-Cd spécifiques à certains types d'appareils comportent, en plus, des dispositifs de sécurité contre les surcharges.

CONSTITUTION D'UN ELEMENT DE BATTERIE NI-CD

Chaque élément d'une batterie Nickel-Cadmium est un système individuel constitué par (voir figure 1) :

- Une électrode négative de cadmium qui s'oxyde pendant la charge et se désoxyde (on dit "est réduit" en chimie) pendant la décharge en libérant des électrons vers le circuit extérieur.
- Une électrode positive en nickel qui absorbe les électrons pendant la charge et les cède à l'électrode négative pendant la décharge.
- une quantité spécifique d'électrolyte qui assure la conductance du circuit interne (échange d'ions). Un séparateur poreux imbibé d'électrolyte sépare les deus électrodes.

  Les deux électrodes et le séparateur sont enroulés sous forme de bandes et nous rappellent la constitution interne d'un condensateur électrolytique (voir notre N° 16).
- Un cylindre scellé en acier inoxydable contenant toutes les parties constituantes d'un élément.

Il est muni d'un évent de sécurité qui évite une surpression interne en cas de charge excessive.

CAPACITE ET PERFORMANCES

Les batteries destinées aux petits appareils portatifs sont dimensionnées pour leur assurer un fonctionnement optimal. La capacité est donnée en ampère-heure (Ah) ou milliampére-heure (mAh) ; elle représente la valeur du courant que la batterie peut débiter pendant une heure dans une résistance prédéterminée (voir ci-dessous) jusqu'à atteindre une tension de 1 volt par élément. Si après une heure de décharge dans cette résistance, la tension reste à 1 volt ou plus par élément, on peut considérer que la batterie est en bon état. Elle le restera jusqu'à ce que sa capacité atteigne 80% de sa valeur nominale, c'est à dire quand la tension descend à 1 volt par élément en moins de 48 minutes. A ce niveau, la batterie devra être remplacée.

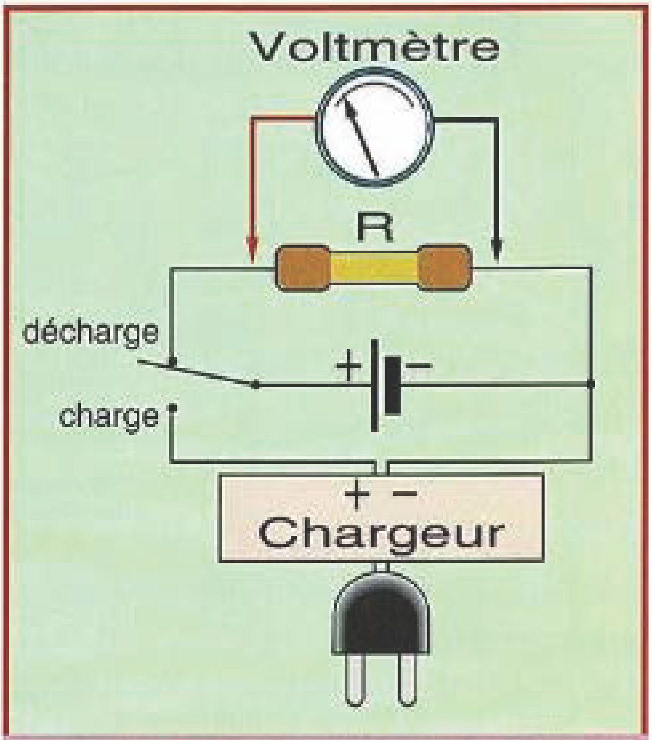


Figure 2. Mesure de la décharge.

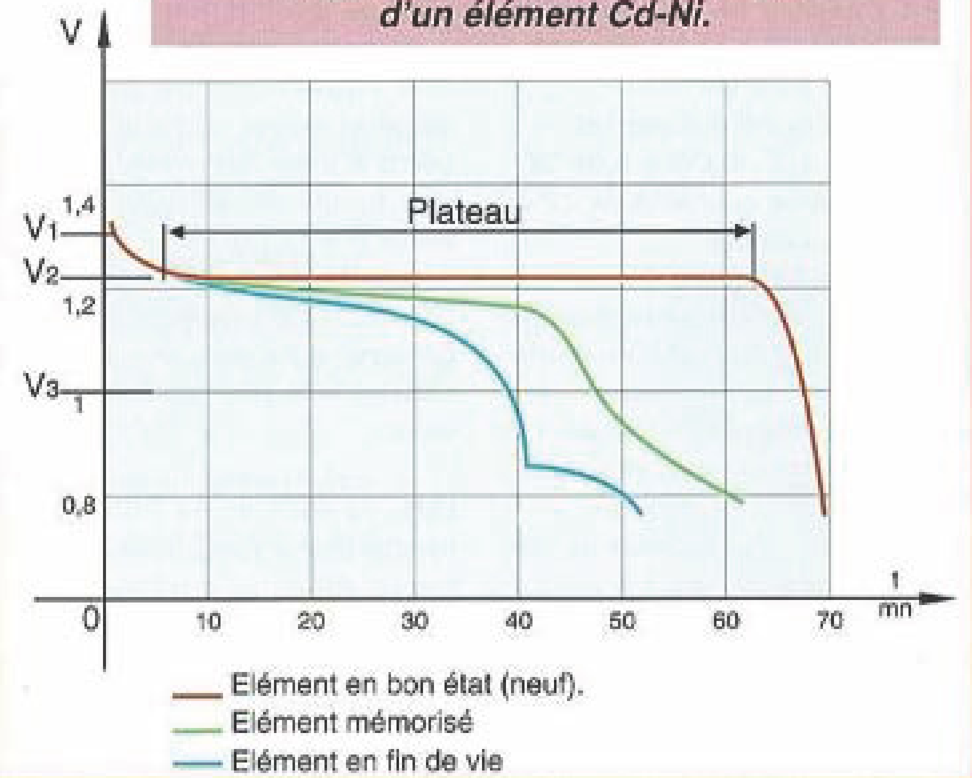
DUREE DE VIE

Aucune batterie n'est éternelle, quelle que soit sa provenance. Son fonctionnement et son usure sont directement liés à ses dimensions, au travail qu'elle doit fournir et à la façon dont elle est rechargée.

En effet, un certain nombre de mécanismes autodestructeurs sont amorcés dès la première charge. Pendant la charge et la décharge, par exemple, l'élément subit des contraintes physiques et des modifications chimiques irréversibles. Les électrodes se dilatent et se contractent. Des particules de cadmium de l'électrode négative se détachent et selon la fréquence et l'importance des cycles (charge-décharge) contaminent l'électrolyte qui crée ainsi des fuites (petits courts-circuits) de plus en plus importantes entre les électrodes. Le nickel de l'électrode positive se dissout lui aussi dans l'électrolyte et augmente la résistance interne de l'élément. Tous ces effets contribuent à diminuer la capacité de l'élément donc à son vieillissement, ils sont accélérés par une utilisation abusive : surcharges, charges à des températures extrêmes, chocs et vibrations mécaniques etc...

Bien que la plupart des fabricants garantissent leurs produits pendant un an, il existe peu de relation entre l'âge de la batterie et sa durée de vie. En effet cette durée de vie (en excluant les dommages accidentels) est lié aux cycles de charge et de décharge qu'une bat-

Figure 3. Courbe de décharge d'un élément Cd-Ni.



terie peut subir avant que l'un de ses éléments ne devienne défectueux. Par exemple, considérons une batterie à charge rapide qui est utilisée journellement à 50% de sa charge pendant deux années avant qu'elle ne fasse défaut. Si cette même batterie est déchargée à 100% de sa capacité totale, trois fois par jour, sa durée de vie ne sera que de quelques mois. Par ailleurs, un utilisateur qui décharge irrégulièrement sa batterie à 25% de sa capacité totale aura une batterie qui pourra durer plusieurs années. Un autre point important est le taux de charge : une batterie à charge lente, pour un nombre de cycles égal, durera plus longtemps qu'une batterie à charge rapide.

CHARGE RAPIDE ET CHARGE LENTE

Les batteries cadmium-nickel exigent une charge à courant constant. Le courant de charge est exprimé par la capacité C nominale de la batterie en ampère-heure divisée par le durée de charge. Une charge lente s'effectue avec un courant égal au dixième de C soit 0,1C pendant une durée de 10 heures. Une charge rapide s'effectuera à 1C pendant une heure.

En règle générale, une charge lente pourra s'effectuer entre 0,05C et 0,1C pendant une durée indéfinie sans accélérer la dégradation de la batterie. Un courant de charge inférieur à 0,05C est généralement insuffisant pour augmenter la charge mais est souvent utilisé après celle-ci pour l'entretenir (courant de maintien).
Une batterie qui est restée longtemps en régime de charge lente tend à devenir paresseuse : sa capacité diminue, cet effet appelé "mémorisation" est heureusement réversible, il suffira de la décharger complètement et de la recharger normalement à des intervalles réguliers de quelques mois.

Parce que le rendement d'une charge est loin d'être de 100% (voir ci-dessous), il est difficile de dire au bout de combien de temps exactement une batterie sera chargée. Cela dépend de nombreux paramètres comme la charge résiduelle avant la recharge, la température ambiante, le taux de charge etc... Pour être sûr d'obtenir une charge complète en régime de charge lente (0,1C soit 10 heures minimum), il est recommandé de prolonger la charge jusqu'à une quinzaine d'heures.

RENDEMENT DE LA CHARGE

Le rendement de la charge dépend de plusieurs facteurs tels que :
- l'âge de la batterie
- de possibles défauts physiques
- de la charge résiduelle avant recharge
- le taux de charge et la température.

Lorsqu'une batterie qui vient d'être longtemps exposée au soleil, dans un véhicule par exemple, est mise en charge, elle n'acceptera que les 60% de la charge qu'elle aurait acquise à une température normale de 25°C. Le résultat sera le même pour une batterie exposée au froid à des températures négatives : perte de capacité.
Une batterie chargée à un taux trop faible peut ne jamais acquérir une charge complète. De même une charge trop rapide (taux élevé) peut être incomplète à cause de l'élévation de la température de la batterie.
Une exposition répétée à des températures supérieure à 50°C réduit aussi la durée de vie d'une batterie. Les batteries doivent être stockées à une température de l'ordre de 15°C.

Les éléments cadmium-nickel de fabrication sérieuse sont munis d'un évent de sécurité destiné à éviter une pression interne excessive. Cependant chaque fois que cet évent s'ouvre, il libère un peu d'électrolyte à l'état gazeux, ce qui tend à réduire la durée de vie de l'élément. Une surcharge répétée peut aussi entraîner des déformations internes et des courts-circuits entre électrodes avec toutes leurs conséquences.

MESURES ELECTRIQUES

Le meilleur moyen d'évaluer les performances d'une batterie est d'effectuer un cycle de charge/décharge et de tracer la courbe de décharge. Les principaux signes de défaut d'une batterie sont les suivants :

- faible capacité comparée à la capacité nominale : elle est due soit au vieillissement soit à la mémorisation de la batterie
- faible tension de charge due à un élément en court-circuit.

  Ces défauts paraissent clairement sur la courbe de décharge par l'examen des trois points importants :
- La tension au début de la décharge
- La tension de "plateau" (ou "palier") et la forme de la courbe
- La durée totale de la décharge

  Une fois chargée, la batterie sera raccordée à une résistance R aux bornes de laquelle vous aurez raccordé votre multimètre (sur le calibre voltmètre approprié). Voir la figure 2. La résistance R devra avoir la valeur suivante :

R = V / 0,1 C

V est la tension nominale de la batterie en volts.

C est la capacité nominale de la batterie en ampères-heure.

Penons, comme exemple, un élément standard R6 de V = 1,2 V et C= 500 mAh soit 0,5 Ah :

R = 1,2 / 0,05 = 24 Ω

et la puissance à dissiper est

P = V . C = 1,2 . 0,05 = 0,06 W

Une résistance courante de 22 Ω 1/4 W fera l'affaire.

Munissez vous de votre montre ou d'un chronomètre et d'une feuille de papier sur lequel vous noterez le temps et la tension V mesurée à intervalles réguliers, disons toutes les 5 minutes.

La tension V1 en début de décharge doit être de 1,3 volts.

La tension V2 du "plateau" doit être comprise entre 1,23 et 1,2 volts.

La tension V3 en fin de décharge doit être de 1 volts, vous débranchez alors l'élément.

Si l'élément est bon la tension de plateau V2 doit "tenir" pendant une heure (45 minutes en fin de vie).

Si l'élément est "mémorisé" la durée du plateau est beaucoup plus courte, déchargez le complètement jusqu'à 1 V, rechargez le complètement et recommencez les mesures, si la durée du plateau dépasse les 45 minutes, l'élément est bon.

Si l'élément est défectueux V1 (1,3 V) ne peut pas être atteint, et la tension décroît très rapidement sans "plateau". voir la figure 3.

Lorsque vous avez affaire à des batteries à plusieurs éléments (packs) vous multipliez les tensions V1, V2 et V3 données cidessus par le nombre d'éléments qu'elles contiennent et vous calculez la résistance et la puissance dissipée de R en fonction de la capacité C de la batterie. Les "packs" importants comme ceux des camescopes, par exemple, ont une tension nominale de V2 = 12 volts, soit 10 éléments, et une capacité C de plusieurs ampères-heure, dans ces conditions, R peut être remplacée par une lampe de voiture de puissance P = 12 . 0,1 C.

UN DERNIER CONSEIL

En service ou non, vos batteries cadmium-nickel continuent à vivre...

Lorsque vous ne les utilisez plus pendant une longue période de temps (plus de quelques mois) déchargez-les complètement et rechargez-les tous les six mois, à 25% de leur capacité (2 à 4 heures suffisent en charge lente). Si vous les laissez déchargées, elles sont condamnées, car, dans ces conditions, il suffit que la tension d'un élément soit plus faible que celle des autres pour qu'à la remise en service, il se trouve polarisé en inverse et soit le siège d'un processus chimique irréversible. Les batteries neuves vous sont d'ailleurs livrées partiellement chargées et nécessitent une charge complète avant toute utilisation.

CONCLUSION

Les batteries rechargeables au cadmium-nickel se sont imposées dans notre vie quotidienne. Les méconnaître, tant par leur technologie que par l'entretien qu'elles nécessitent, serait une faute grave. En effet un simple calcul de leur durée de vie en utilisation "intelligente" par rapport à leur prix d'achat comparé à celui des piles "jetables" est plus que convainquant !

LES CIRCUITS INTEGRES

Les circuits intégrés (CI) ont profondément modifié le monde de l'électronique dans lequel ils ont tendance à remplacer progressivement les composants discrets.

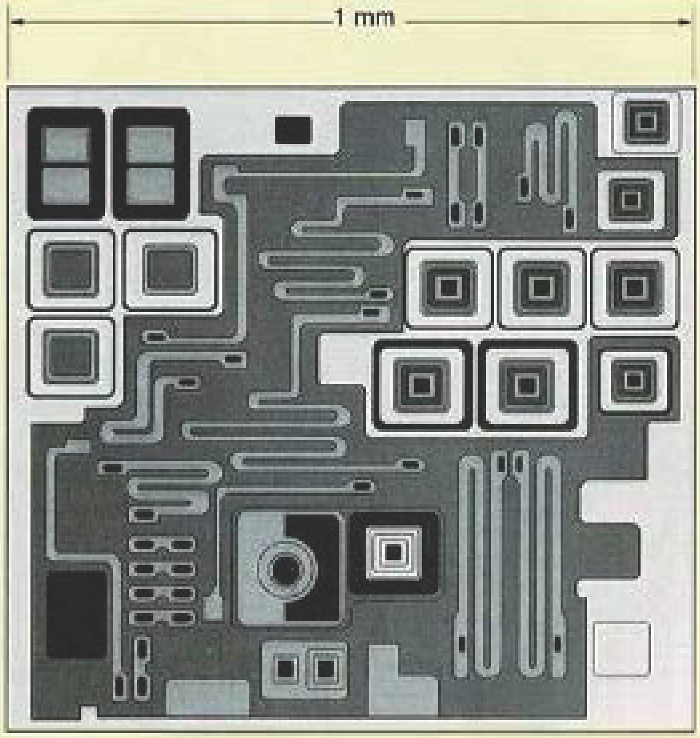


Figure 1. Agrandissement d'une pastille de circuit intégré (MC 1533).

Tous les domaines de l'électronique sont concernés : le digital qu'ils ont conquis dès leur début et l'analogique dans lequel ils s'imposent de plus en plus.

Les transistors qui furent les précurseurs des circuits intégrés avaient permis de réduire considérablement les dimensions, le poids, la puissance consommée, et le prix de revient des circuits jusque là réalisés avec des tubes à vide tout en assurant une meilleure fiabilité. Les circuits intégrés permettent d'aller beaucoup plus loin avec les mêmes objectifs.

QU'EST-CE QU'UN CIRCUIT INTEGRE ?

Ce n'est pas simplement un transistor plus performant, ou plusieurs transistors enfermés dans un même petit boitier. C'est un circuit complet formé d'éléments actifs et passifs reliés dans un montage unique encapsulé dans un boitier pas plus grand que celui d'un transistor de faible puissance. Les composants passifs sont des résistances et des condensateurs. Les éléments actifs sont les transistors et les diodes. (Nous verrons d'ailleurs, plus loin, que les éléments passifs sont souvent remplacés par des jonctions semi-conductrices).

Il y a lieu tout d'abord de distinguer deux types de circuits intégrés : monolythiques et hybrides.

Un circuit intégré monolithique est un circuit complet réalisé par un procédé de microphotolithographie complexe sur une pastille de silicium pas plus grande qu'une tête d'épingle. Ce sont les plus courants.
Un circuit intégré hybride fait, par contre, appel à des composants actifs et passifs montés et reliés ensemble sur un support de céramique puis encapsulés dans un même boitier. Ils sont beaucoup plus rares, plus spécialisés et plus encombrants que les précédents.

Nous vous parlerons ici que des circuits intégrés monolithiques.
Le "câblage" des éléments d'un circuit intégré ne peut être vu qu'à l'aide d'une optique à fort grossissement ou d'un microscope. Imaginez un amplificateur basse fréquence complet, à quelques éléments discrets près

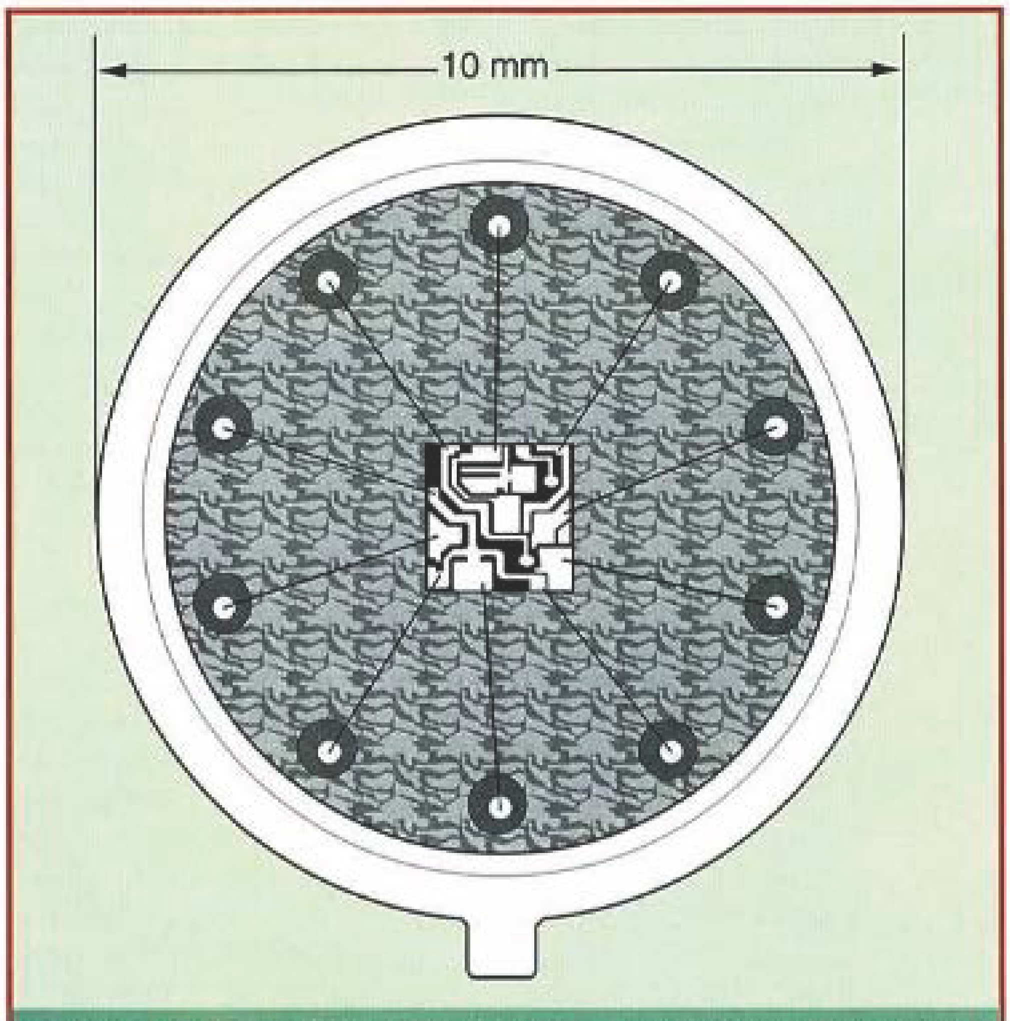


Figure 2. Circuit logique intégré monté dans un boîtier métallique rond.

Figure 3. Dimensions comparées d'un circuit intégré CA 3502 et d'une pièce de 10 centimes

(ceux qui sont montés à l'extérieur, comme les condensateurs électrolytiques par exemple) de 1/2 watt pas plus gros qu'une tête d'épingle !

La figure 1 vous montre une vue très grossie de la pastille de silicium sur laquelle un amplificateur opérationnel (MC 1533 de Motorola) a été réalisé, il s'agit d'un amplificateur très performant ayant un gain en tension de 60.000 en boucle ouverte. La figure 2 représente un circuit logique intégré monté dans un boitier métallique rond (TO5). La figure 3 représente un circuit intégré CA 3502 de RCA comparé à une pièce de 10 centimes.

FABRICATION DES CIRCUITS INTEGRES

Les procédés de fabrication sont basés sur ceux des transistors. On se reportera utilement aux descriptions classiques de la technique dite "planar". Mais on peut rapidement résumer en disant que les circuits intégrés (monolithiques) sont réalisés sur une rondelle de silicium de 20 à 30 mm de diamètre environ et ayant l'épaisseur d'une feuille de papier. La nature du silicium est modifiée par une succession d'opérations différentes. Le dessus de la rondelle est tout d'abord oxydé puis ensuite recouvert d'une laque photosensible (appelée "resist"). Le dessin du circuit est gravé dans l'oxyde par un procédé de microphotogravure. Après chauffage, d'infimes quantités d'impuretés (dopants) telles que le bore ou l'arsenic, sont diffusées dans le silicium mis à nu en des point bien précis pour former des îlots P et N sur la pastille. Ce processus qui fait appel à une méthode de masquage est repris autant de fois qu'il est nécessaire, jusqu'à ce que tous les éléments du circuit (transistors, diodes, résistances et condensateurs soient ainsi réalisés. Les divers éléments sont ensuite reliés entre eux par un dépôt d'aluminium par évaporation, voir figure 4. Une rondelle complète peut contenir jusqu'à 200 circuits intégrés, elle est ensuite divisée en pastilles de circuits intégrés élémentaires qui sont testées puis montées sur une embase de céramique ou de métal. Des fils d'aluminium dont le diamètre est environ le tiers de celui d'un cheveu, sont soudés entre les contacts du circuit intégré et les bornes de sortie du boîtier. Enfin le boîtier est hermétiquement fermé dans une atmosphère inerte.

On utilise des boîtiers classiques de transistors ou des

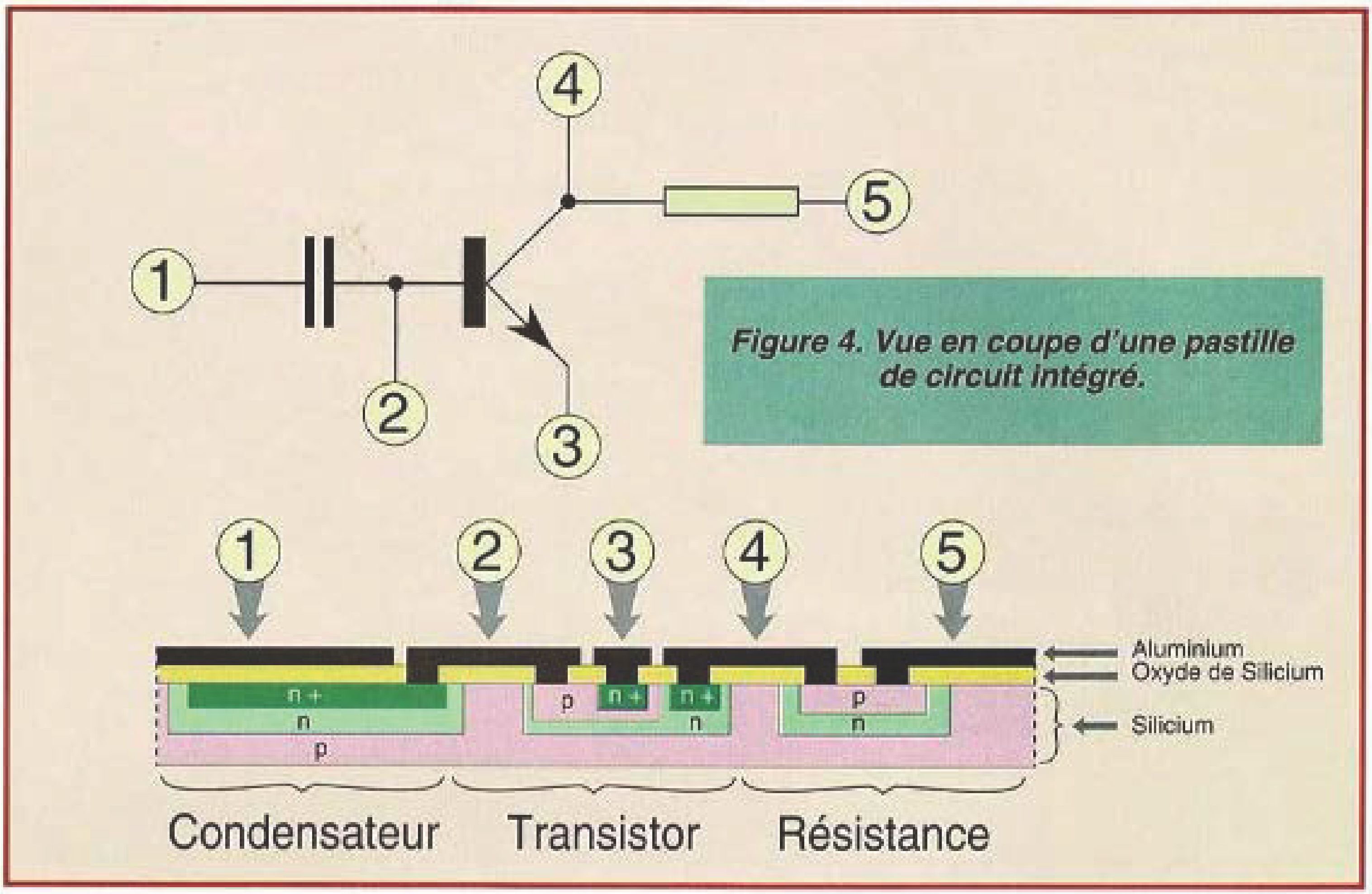


Figure 4. Vue en coupe d'une pastille de circuit intégré.

boitiers plats comme le montre la figure 5.

CONSTITUTION D'UN CIRCUIT INTEGRE LINEAIRE

A leur début, on a eu naturellement tendance à faire des circuits intégrés à l'image des circuits à transistors classiques utilisant des composants discrets. Par la suite, avec l'expérience acquise et les progrès technologiques, les montages à circuits intégrés prirent un caractère très particulier. Les techniciens habitués à des circuits classiques durent s'adapter aux montages à circuits intégrés.
La raison d'être d'un circuit intégré diffère beaucoup de celle des circuits conventionnels et est essentiellement liée aux méthodes et procédés de fabrication, au prix de revient et aux dimensions physiques du circuit. Dans un circuit conventionnel, les éléments actifs comme les transistors et les diodes sont plus onéreux que les résistances et les condensateurs. Avec les techniques d'intégration, les diodes et les transistors sont beaucoup moins chers à obtenir que les résistances et les condensateurs. La raison en est que les premiers sont beaucoup moins encombrants que les seconds. La technologie d'intégration à aussi des limites : les résistances sont limitées entre 100 et 30.000 Ω à ± 20 % et les condensateurs sont limités à une capacité unitaire maximale de 100 pF environ. Pour cette raison, lors de la conception d'un circuit intégré, on préfère utiliser un maximum d'éléments actifs (jonctions) et un minimum de résistances et de condensateurs. Ainsi le couplage direct en continu entre étages sera préféré au couplage capacitif. Les inductances de plus de quelques microhenry ne sont pas intégrables aussi préfère-t-on utiliser des circuits RC plutôt que des circuits LC. S'il n'est pas possible d'éviter une inductance ou un transformateur, il faudra les monter extérieurement.

La souplesse d'emploi des circuits intégrés est un critère économique très important. Ils sont nombreux à être prévus pour être utilisés dans plusieurs types de configurations de circuits. Ceci est rendu possible par les

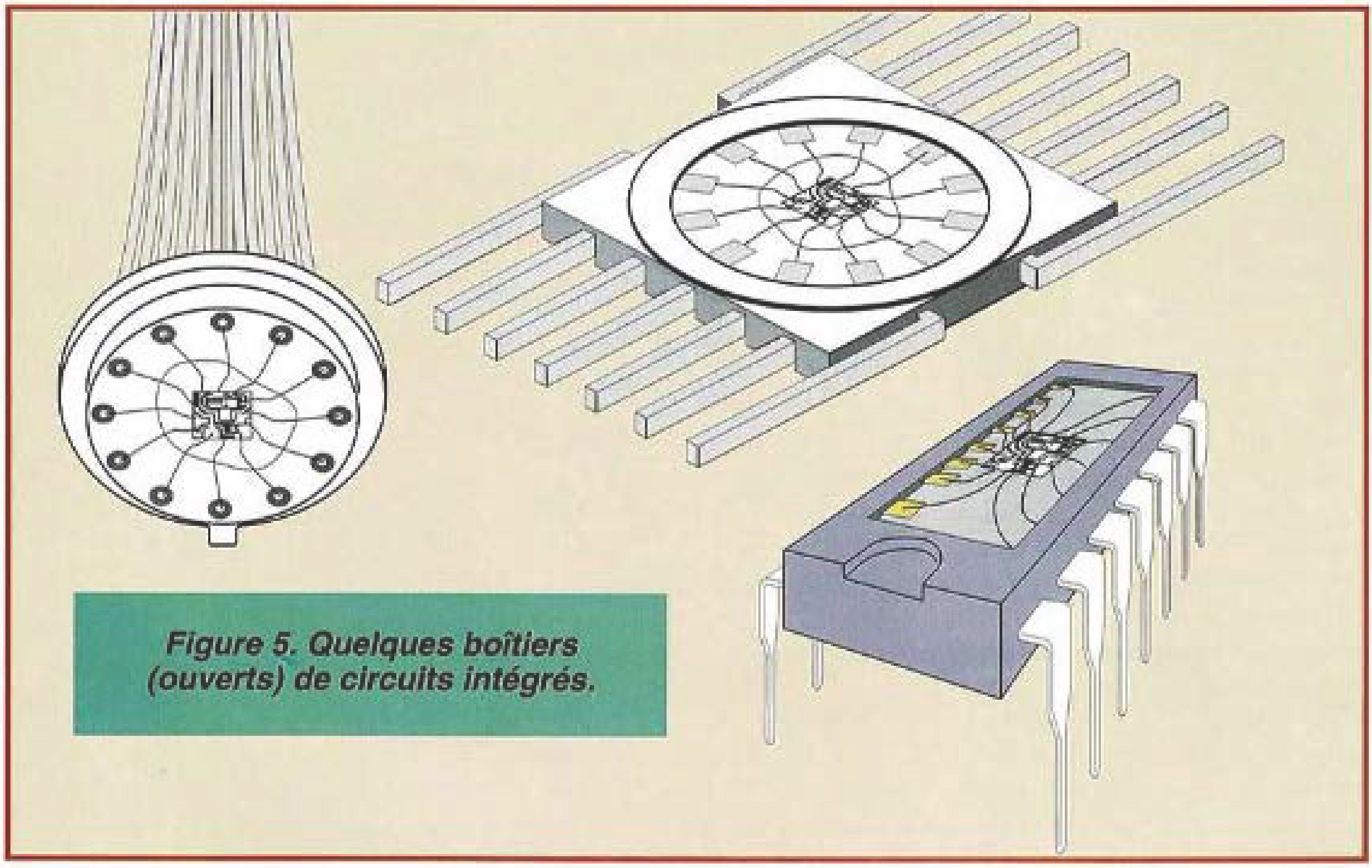


Figure 5. Quelques boîtiers (ouverts) de circuits intégrés.

divers éléments discrets extérieurs nécessaires. Par une association adéquate de composants externes, un même circuit intégré pourra être utilisé en amplificateur à large bande, en amplificateur basse fréquence, en amplificateur haute fréquence, en oscillateur etc... Cette souplesse d'emploi, font qu'il est possible, de l'extérieur, d'accéder au circuit lui-même en des points critiques internes et de pouvoir ainsi le programmer en quelque sorte. Un exemple simple : le circuit CA 3018 de RCA est formé de quatre transistors et possède douze fils de sortie. La figure 6 montre le schéma d'un amplificateur large bande utilisant ce circuit intégré. Les transistors sont représentés à l'intérieur du triangle par Q1, Q2, Q3 et Q4. Ici, l'amplificateur utilise ces quatre

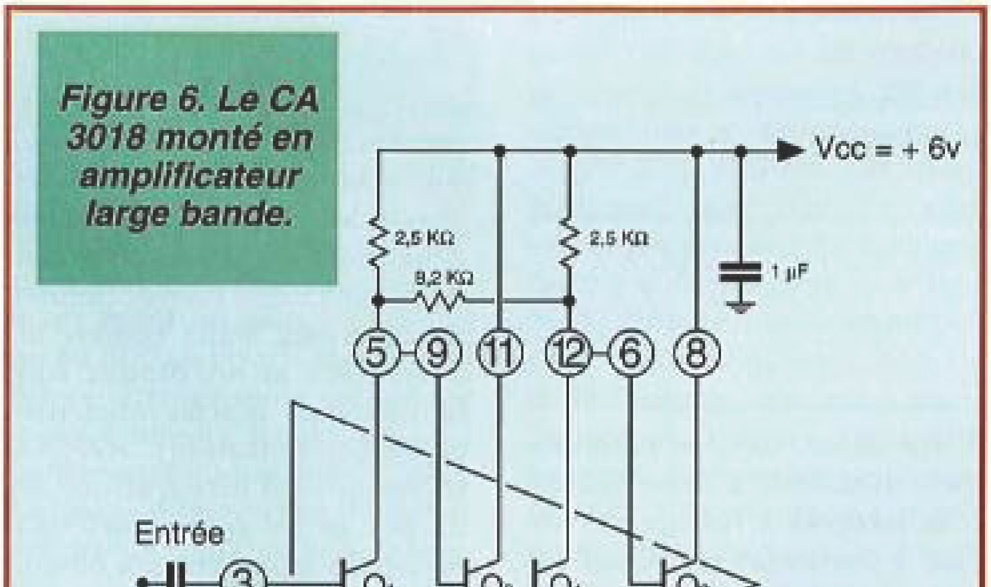


Figure 6. Le CA 3018 monté en amplificateur large bande.

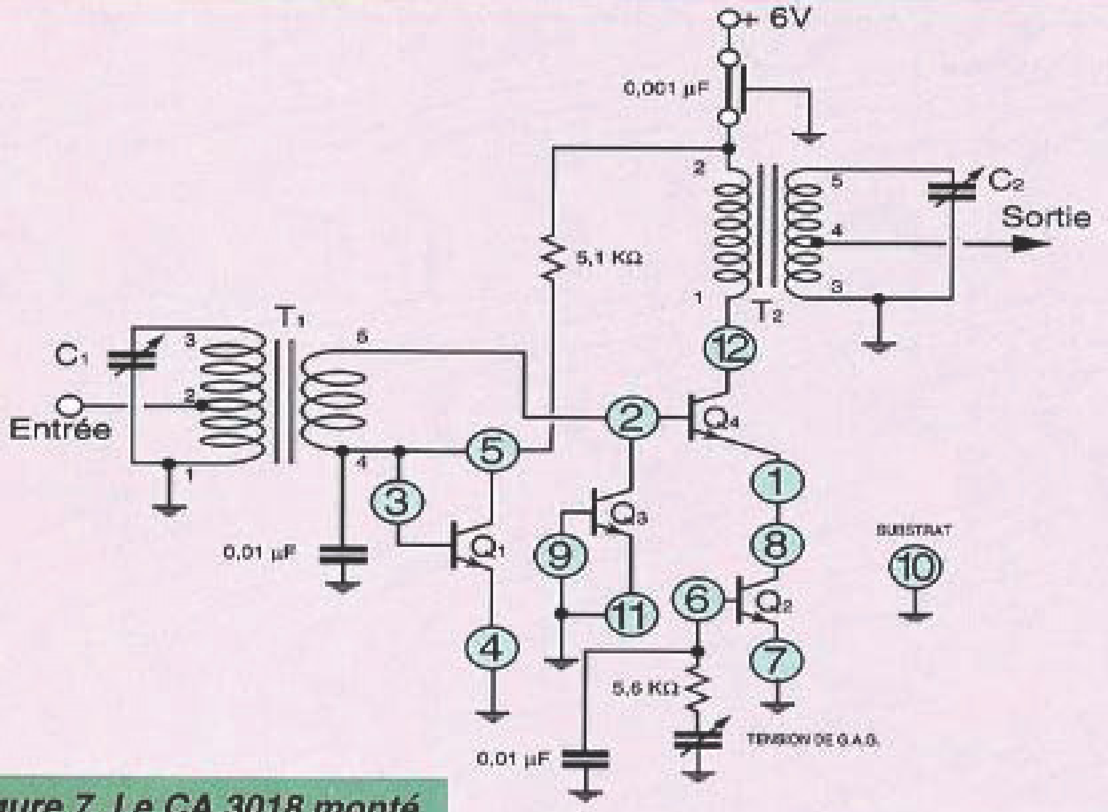


Figure 7. Le CA 3018 monté en amplificateur HF (15 MHz).

transistors comme des transistors conventionnels (ou "discrets"). Les résistances et les condensateurs conventionnels sont reliés aux douze broches du circuit intégré numérotées de 1 à 12. L'alimentation est fournie par une source de + 12 V. Le montage de la figure 7 utilise le même circuit intégré en amplificateur haute fréquence (15 MHz) et celui de la figure 8 utilise trois de ses transistors en amplificateur push-pull classe B.

La figure 9 montre le schéma d'un circuit intégré linéaire de dix pattes, il s'agit du circuit MC 1533 de Motorola qui intègre un circuit complet. Il comprend 14 transistors, 3 diodes et 15 résistances soit un total de 32 composants interconnectés entre eux. Le fabricant propose dans son manuel d'applications quatre types de montages différents. Il est bien évident que ce circuit intégré, comme tout circuit intégré, a des propriétés particulières dont on doit tenir compte.

Le circuit intégré vraiment universel n'existe pas. Un projet de montage avec des circuits inté-

N'achetez pas des fers, demandez des **ANTEX !**

La qualité ça paye...

BRAY Agent exclusif pour la FRANCE
76 rue de Silly
9200 BOULOGNE-SUR-SEINE
Tél. : 46.04.38.06.
Télécopie : (1) 46.04.76.32.

grés demande un mode de pensée tout à fait différent de celui d'un circuit conventionnel avec des composants discrets.

Nous ne vous avons parlé ici que des circuits intégrés analogiques (ou linéaires) les circuits logiques sont d'un usage encore plus simple car ils sont, le plus souvent, directement compatibles entre eux et ne nécessitent pratiquement pas de composants externes. (voir ABC Electronique N° 12).

Les techniques de fabrication sont très proches. Nous vous parlerons une autre fois des circuits hybrides.

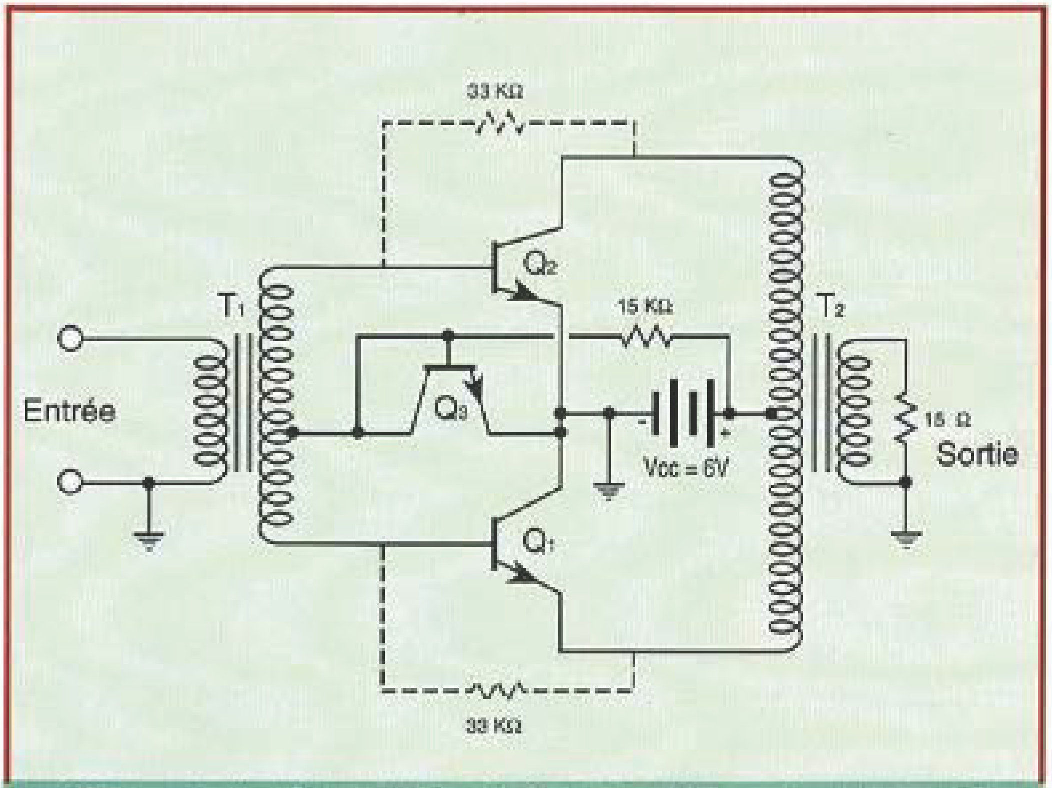


Figure 8. Le CA 3018 monté en amplificateur push-pull classe B.

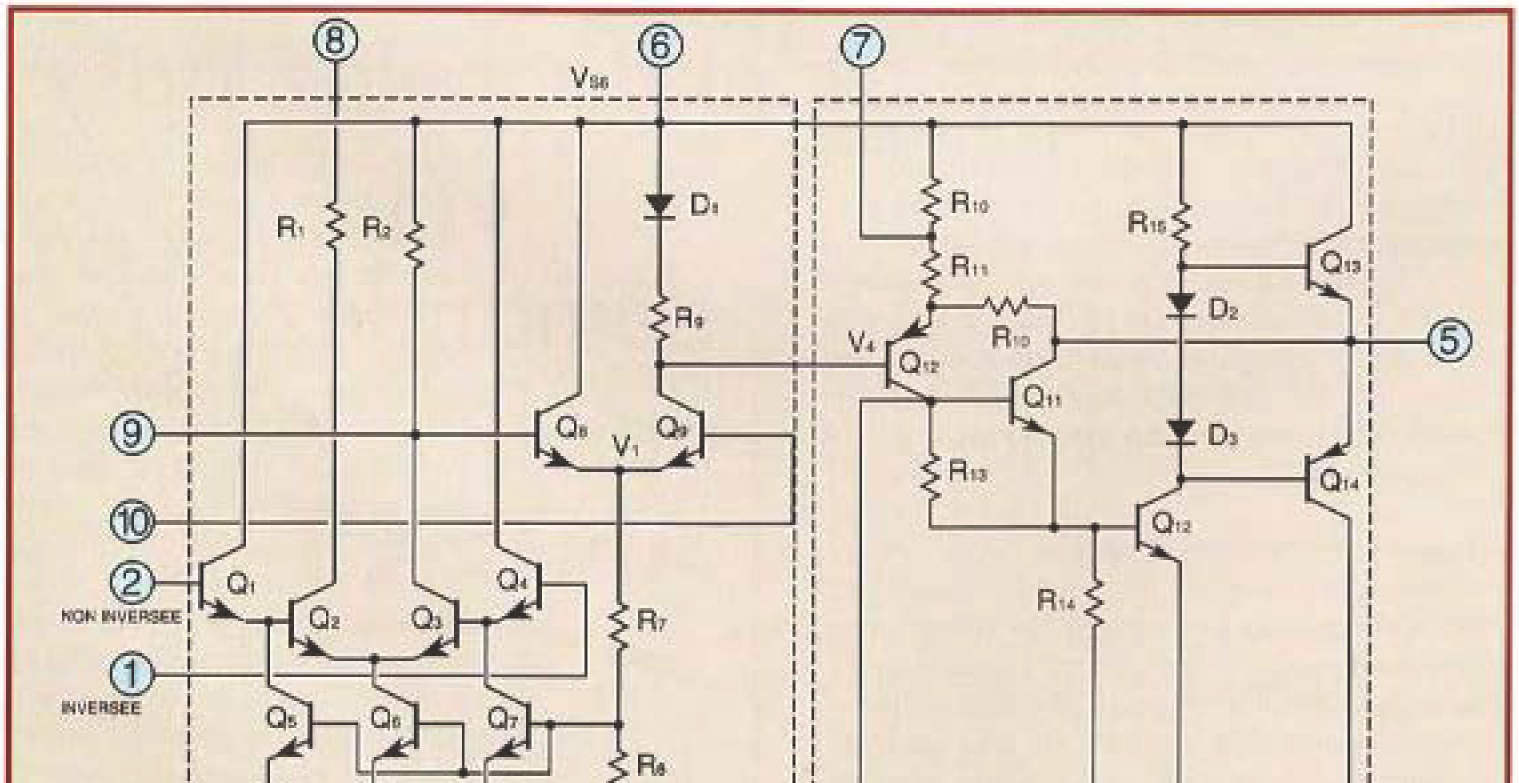


Figure 9. Schéma d'un amplificateur opérationnel MC 1533.

LE TRIGGER DE SCHMITT

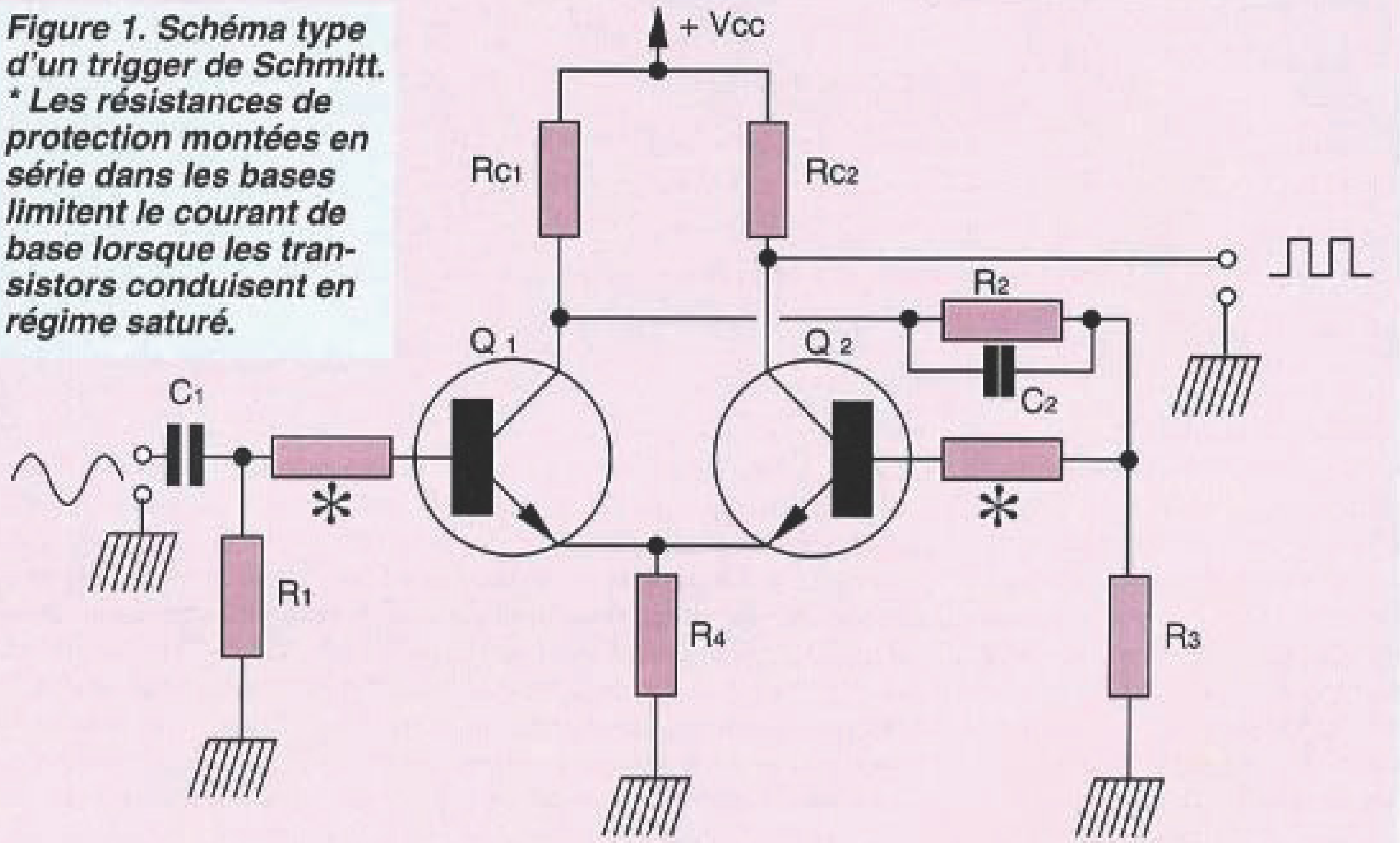


Figure 1. Schéma type d'un trigger de Schmitt.
** Les résistances de protection montées en série dans les bases limitent le courant de base lorsque les transistors conduisent en régime saturé.*

Un circuit que l'on rencontre souvent en logique.

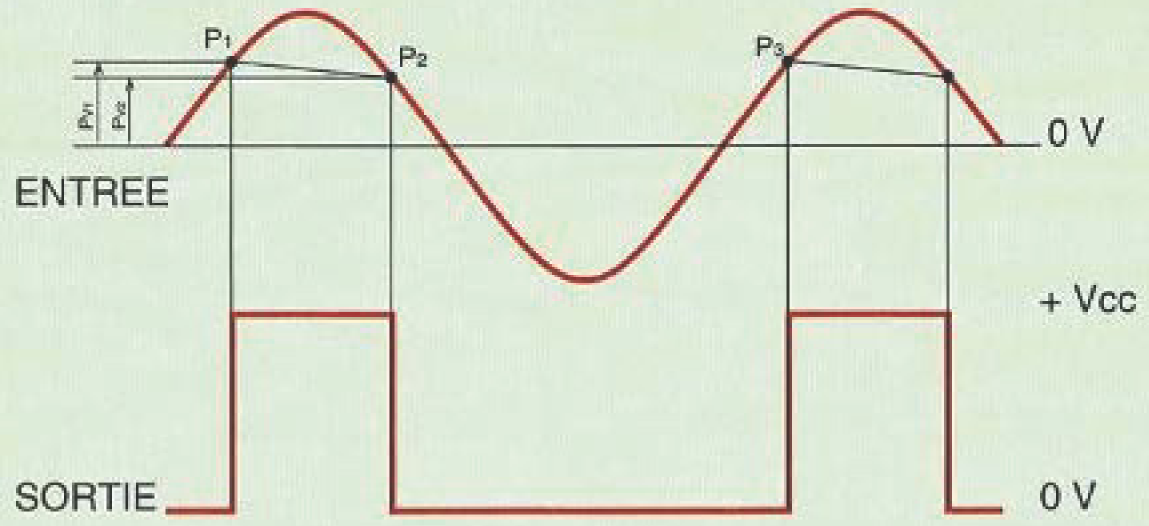
Le trigger de Schmitt, du nom de son inventeur, est une bascule à émetteurs couplés, c'est à dire un circuit binaire qui possède un ou deux états stables, voire fonctionner en oscillateur (astable). Nous vous le decrivons ici en bistable.

Son schéma type vous est donné sur la figure 1. Lorsque Q1 conduit, Q2 est bloqué et réciproquement lorsque Q1 est bloqué, Q2 conduit. Sur la bascule bistable classique, le collecteur de Q2 est couplé à la base de Q1 dont le collecteur est couplé à la base de Q2(couplage croisé). Par contre sur le trigger de Schmitt ce sont les émetteurs de Q1 et Q2 qui sont couplés ensemble en parallèle. Tout son intérêt réside en son brusque changement d'état ou "commutation" qui est commandée par une augmentation ou une diminution de la polarisation de base de Q1.

FONCTIONNEMENT SIMPLIFIÉ DU TRIGGER DE SCHMITT :

Nous raisonnons ici avec des transistors NPN , voir la figure 1. Nous vous rappelons tout d'abord qu'un transistor est dit BLOQUE lorsqu'il ne conduit pas et que sa tension collecteur est égale à sa tension d'alimentation Vcc. Il est dit SATURE, lors-

Figure 2. Les signaux d'entrée et de sortie.



qu'il conduit et que sa tension collecteur est pratiquement égale à celle de son émetteur.

En l'absence de signal à l'entrée de Q1, le pont diviseur formé par la résistance collecteur de Q1 RC1, R2 et R3, maintient la base de Q2 légèrement plus positive que son émetteur, Q2 conduit et est saturé. La tension positive développée aux bornes de la résistance commune d'émetteur R4 par le passage du courant collecteur de Q2, maintient Q1 bloqué car sa base est au potentiel de masse donc plus négative que son émetteur (on dit que la jonction base émetteur de Q2 est polarisée en inverse). En l'absence de signal, l'état stable est donc assuré par Q2 conducteur et Q1 bloqué.

Lorsqu'on applique un signal sinusoïdal sur l'entrée du circuit, Q1 devient conducteur pendant une partie de l'alternance positive du signal. En effet pendant cette partie, la base de Q1 devient positive par rapport à l'émetteur et correspond au point P1 sur la courbe de la figure 2. Q1 est ainsi conducteur dans la région de saturation et le reste aussi longtemps que la tension d'entrée appliquée sur sa base la rendra plus positive que son émetteur, tandis que Q2 est bloqué. Au point P2, la tension sur la base de Q1 devient inférieure à la tension de son émetteur et la commutation a lieu : Q2 conduit et Q1 est bloqué.

Lorsque Q2 est bloqué et Q1 est saturé. La tension collecteur de Q1 est très proche de sa tension émetteur. La faible tension qui en résulte est appliquée à la base de Q2 par le pont R2R3, elle contribue à annuler sa polarisation : Q2 est bloqué.

La figure 2 représente la forme des signaux d'entrée et de sortie. Entre les points P1 et P2 de l'alternance d'entrée, Q2 est bloqué et son collecteur est au potentiel Vcc. Entre les points P2 et P3, Q2 est saturé et son potentiel collecteur est proche de zéro. Grâce à la commutation brusque du montage (saturé/bloqué/saturé...) le signal de sortie est un signal parfaitement rectangulaire. Cette commutation peut être retardée de la constante de temps R2C2.

Vous constaterez aussi que les points de commutation P1 et P2 ne correspondent pas à une même tension : Vp1 > Vp2, cette caractéristique appelée "hystérésis rectangulaire" est propre à ce circuit mais n'est pas gênante dans la plupart des cas. Il suffit en effet que Vp2 soit nettement plus élevée que la tension résiduelle du collecteur de Q2, lorsque celui-ci conduit (Vp2 > 0,6 v pour les transistors Si).

Le schéma que nous venons de voir est une bascule bistable

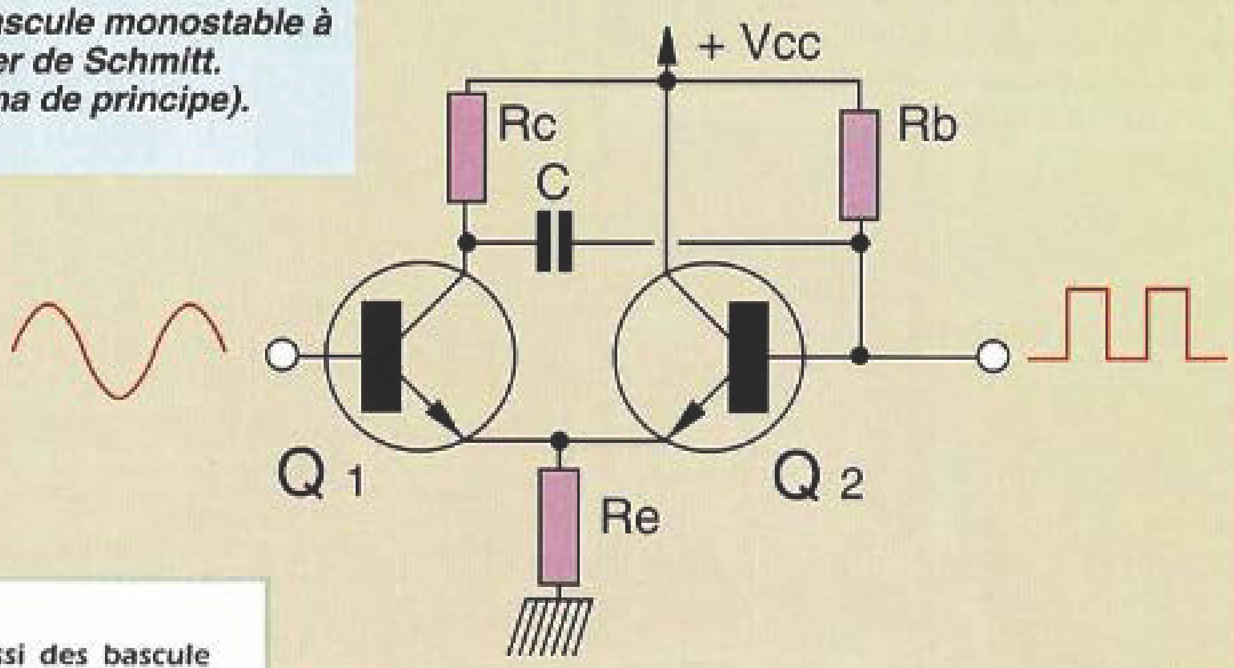


Figure 3. Bascule monostable à trigger de Schmitt. (Schéma de principe).

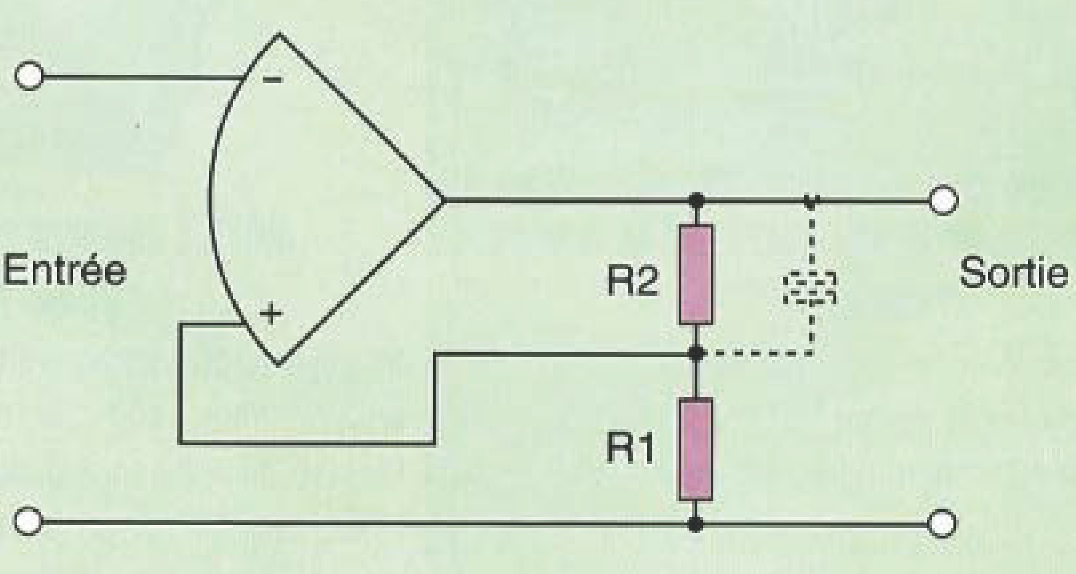
mais il existe aussi des bascule monostables à trigger de Schmitt qui ne comportent qu'un seuil de commutation, la commutation de retour à l'état stable ayant lieu avec un retard déterminé. Leur schéma se ramène à celui de la figure 3.

UTILISATIONS DU TRIGGER DE SCHMITT

Le trigger de Schmitt est couramment utilisé pour mettre ou remettre en forme (rectangulaire) un signal logique déformé. De nombreux circuits intégrés logiques en sont pourvus. La précision des points de commutation (P1 et P2) est améliorée par l'utilisation d'un amplificateur opérationnel monté en comparateur de tension et d'une source de tension de référence (figure 4). Le circuit intégré 555 que nous connaissons bien, comporte un tel dispositif.

Le trigger de Schmitt est aussi utilisé pour détecter l'instant où la tension d'un signal analogique dépasse un seuil fixé. Par exemple l'instant de déclenchement du balayage d'un oscilloscope dont on peut ajuster le seuil et le retard.

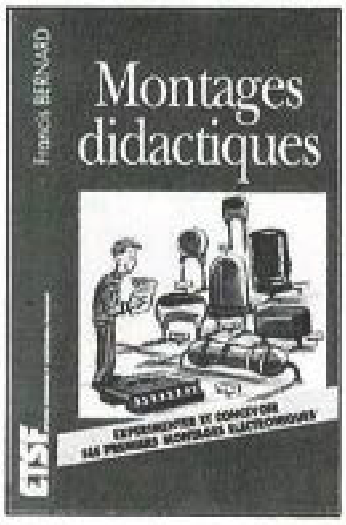
Figure 4. Principe du comparateur à trigger de Schmitt.



Montages didactiques

EXPERIMENTER ET CONCEVOIR SES PREMIERS MONTAGES ELECTRONIQUES

Francis BERNARD



Pour aborder l'électronique.

Pour compléter les notions de physique étudiées au collège et au lycée.

La solution idéale passe par l'expérimentation.

A partir d'un matériel didactique extrêmement simple à mettre en œuvre, ce livre vous permettra de réaliser de très nombreuses manipulations et de concevoir vos propres montages électroniques.

110F Réf. 023902

Voir bon de commande SORACOM

Ecouter la C.B.

Récepteur, en kit, C.B., fonctionnant à partir d'un quartz Canal 19 (canal routier).

Vous permet d'assurer votre sécurité sur la route sans payer de taxe ni avoir d'émetteur !

Notice de montage et réglage à l'intérieur

PRIX : **170 F** + **18 F** de port

Réf. TSM02 **(sans boîtier)**

Existe en version montée prête à l'emploi

PRIX : **310F** + 35F de port

Réf. TSM01

Le règlement ainsi que votre adresse sont à renvoyer aux Editions SORACOM La Haie de Pan 35170 - Bruz

CONSTRUISEZ VOTRE STATION EN KIT !

Kits OAK HILLS RESEARCH

TRANSCEIVER QRP CW 20 M "QRP 20"

Ce transceiver monobande délivre 3 W sur 14 MHz - Piloté par un VFO, il dispose en réception d'un filtre audio à 2 positions- Emission en semi break-in

REF SRCE PRIX 1385 F + PORT 30 F

AVEC BOITIER

Kits OAK HILLS RESEARCH

MILLIWATTMETRE "WM-1"

Mesure de puissance entre 10 mW et 10 W en 3 gammes : 100 mW, 1 W, 10 W.
Mesure de puissance directe (FWD) et réfléchie (REF) dispositif de calibration interne

REF SRCE PRIX 819 F + PORT 30 F

AVEC BOITIER

LIVRE DES GADGETS ELECTRONIQUES

B. FIGHIERA

Pour les jeunes et débutants qui pourront réaliser, sans connaissances spéciales, des montages "tremplins" : sirène, interphone, etc...

130 pages - REF BOR23826 135F. + 25F port

GUIDE PRATIQUE DES MONTAGES ELECTRONIQUES

M. ARCHAMBAULT

De la conception des circuits imprimés jusqu'à la réalisation des façades de coffrets en passant par la fixation des composants.

144 pages - REF BOR23821 90F. + 25F port

200 MONTAGES ELECTRONIQUES SIMPLES

W. SOROKINE

Montages demandant très peu de composants, effectués en une soirée et vérifiable immédiatement. Avec circuits intégrés.

384 pages - REF BOR25576 160F + 25F port

REUSSIR 25 MONTAGES A CIRCUITS INTEGRES

B. FIGHIERA

Circuits intégrés logiques - 5 jeux - 6 gadgets pour la maison - 6 appareils de mesure - 8 montages BF et HI-FI.

128 pages - REF BOR23829 95F + 25F port

ELECTRONIQUE LABORATOIRE ET MESURE

B. FIGHIERA et R. BESSON

Nombreux schémas pratiques de matériels utilisables pour l'amateur bricoleur.

Vol. 1 - 176 pages - REF BOR23808 130F + 25F port
Vol. 2 - 160 pages - REF BOR23854 130F + 25F port

ELECTRONIQUE JEUX ET GADGETS

B. FIGHIERA et R. BESSON

Applaudimètre - Truqueur de voix - Anti-ronfleur - Casse tête électronique - Gradateur de lumière - Badge lumineux.

160 pages - REF BOR23806 135F + 25F port

1500 SCHEMAS ET CIRCUITS ELECTRONIQUES

R. BOURGERON

300 nouveaux schémas. Accès par fonction a été ajouté.

558 pages - REF BOR42038 240F + 25F port

350 SCHEMAS HF DE 10kHz A 16 Hz

H. SCHREIBER

Ce livre est un outil efficace de recherche, d'idées de circuits et une bibliographie de schémas publiés.

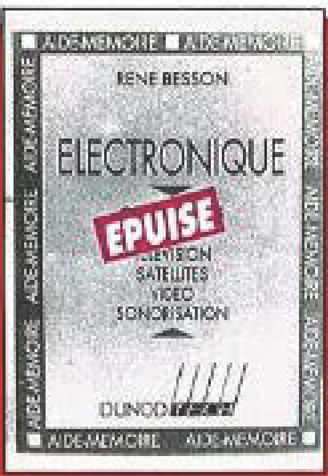
320 pages - REF BOR25495 190F + 25F port

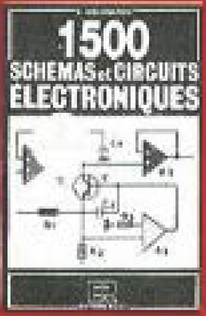
270 SCHEMAS D'ALIMENTATION

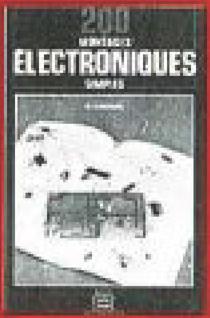
H. SCHREIBER

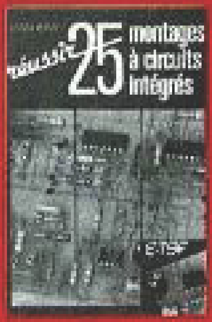
Livre de référence à consulter très souvent ! Panorama de tout ce qui touche aux alimentations avec une sélection de schémas de circuits sécurité.

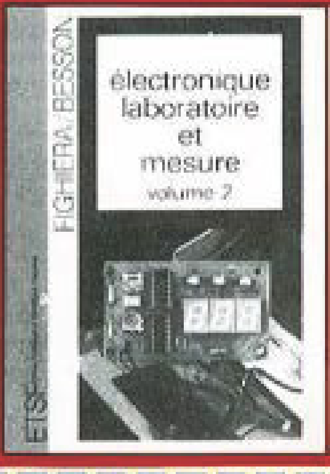
224 pages - REF BOR25498 190F + 25F port

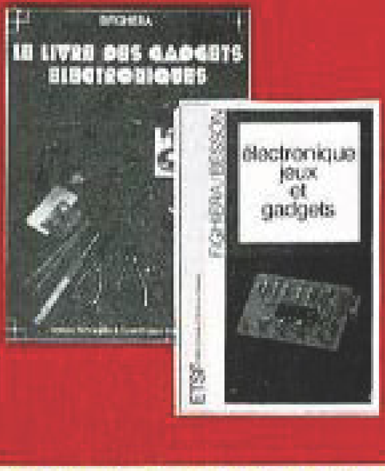












Bon de commande à envoyer aux Editions SORACOM
La Haie de Pan 35170 - BRUZ

TITRE	Référence	Port	Prix
		25 F	
		25 F	
		25 F	
		Total	

Nom : ______________ Prénom : ______________

Adresse : ______________________________

Code postal : __________ Ville : ______________

Date : ______________ Signature

Je joins mon règlement
❑ chèque bancaire ❑ chèque postal ❑ mandat

❑ JE REGLE PAR CARTE BANCAIRE

|_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|

Date d'expiration |_|_|_|_| *Signature*

LES EDITIONS SORACOM